



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL PROCESAMIENTO DE  
COMPOSTAJE A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS  
URBANOS PARA LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL  
MANCOMUNADA DE ASEO INTEGRAL PATATE-PELILEO”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA: PAOLA ALEXANDRA TIPÁN CAICEDO**  
**TUTORA: ING. NATALIA DEL CARMEN MORENO MONTOYA**

Riobamba-Ecuador  
2016

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL PROCESAMIENTO DE COMPOSTAJE A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS URBANOS PARA LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MANCOMUNADA DE ASEO INTEGRAL PATATE-PELILEO, de responsabilidad de la señorita Paola Alexandra Tipán Caicedo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

Ing. Natalia Moreno

**DIRECTOR DE TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

Ing Mabel Parada

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

Yo, **PAOLA ALEXANDRA TIPÁN CAICEDO**, soy responsable de todas las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Paola Alexandra Tipán Caicedo

## **DEDICATORIA.**

El presente Trabajo de Titulación va dedicado al Ser más Justo, Amoroso y Fiel Mi DIOS, hacia quien he mantenido y mantendré mi convicción absoluta sobre su Poder. A mis padres Fabián Tipán y Patricia Caicedo por ser mi apoyo incondicional durante toda mi carrera, pero en especial a mi madre por su infinito amor, pero sobre todo por siempre confiar en mí. A mis queridos hermanos Christian y Erika, quienes han sido mi inspiración durante cada escalón ascendido.

“Yo te pido que seas fuerte y valiente, que no te desanimes ni tengas miedo, porque yo soy tu Dios y te ayudaré por donde quiera que vayas” Josue 1:9

**Paola**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero empezar agradeciendo a mi Dios amado, quien me ha permitido continuar avanzando en los senderos de la vida y así cumplir cada uno de mis propósitos.

Agradezco infinitamente a dos de los seres más importantes de mi vida, mi padre Fabián Tipán, quien ha forjado mi carácter y mi valentía para no desmayar ante las adversidades de la vida, a mi madre Patricia Caicedo, quien con su infinito amor y sutileza ha llenado de bondad mi corazón y ha sido mi musa en mi largo caminar.

A mis queridos hermanos Christian y Erika quienes me han dado todo su amor y apoyo día a día, motivándome siempre a seguir triunfando.

A mi compañera, “Mi querida amiga Silvana N.”, pues la unión hace la fuerza y es así que juntas hemos ido superando cada escalón durante estos 5 años.

A toda mi amada familia por cada palabra de aliento y motivación, en especial a mi inolvidable y eterna Majos, quién siempre fue más que una prima, fue mi hermana y ahora el más bello ángel.

Como olvidar a esa persona especial, y a quién le estoy muy agradecida por haber estado a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida, y cuyo apoyo fue muy valioso para mi, basado siempre en el amor, respeto y sobre todo paciencia, “Mi novio Alex. A”

Quiero agradecer también a mi Directora de Trabajo de Titulación, Ing. Natalia Moreno, no solo por su profesionalismo, sino también por su calidad humana, pues permitió una excelente comunicación y ambiente de trabajo, de la misma manera a la Ing. Mabel Parada por su predisposición a colaborar siempre conmigo dando lo mejor de sí.

Agradezco también a las personas que de una u otra manera hicieron posible la culminación de esta etapa de mi vida, como lo son la Ing. Mónica Andrade e Ing César Ávalos de quiénes me llevo algo tan valioso como sus enseñanzas y mi profunda admiración.

**Paola**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>PORTADA.....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	

## CAPÍTULO I

<b>1.</b>	<b>DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	Identificación del Problema.....	1
<b>1.2</b>	Justificación del proyecto .....	1
<b>1.3</b>	<b>Línea de base del proyecto.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.1</b>	<i>Antecedentes</i> .....	2
<b>1.3.1.1</b>	Poblaciones.....	2
<b>1.3.1.2</b>	Relleno sanitario.....	3
<b>1.3.1.3</b>	Maquinaria y equipos para el sistema de compostaje. ....	6
<b>1.3.1.4</b>	Tolva de recepción. ....	7
<b>1.3.1.5</b>	Bandas Transportadoras. ....	8
<b>1.3.1.6</b>	Trómel. ....	9
<b>1.3.2</b>	<i>Principales Definiciones del Proyecto</i> .....	10
<b>1.3.2.1</b>	Residuos Sólidos Urbanos.....	10
<b>1.3.2.2</b>	Desechos de plazas y mercados.....	10
<b>1.4</b>	<i>Compostaje</i> .....	11
<b>1.4.1</b>	<i>Compostaje aeróbico</i> .....	11
<b>1.4.2</b>	<i>Sistema de compostaje aeróbico.</i> .....	11
<b>1.4.2.1</b>	Sistemas de camellones o pilas.....	11
<b>1.4.2.1</b>	Sistemas de Parvas o camellones móviles. ....	11
<b>1.4.2.2</b>	Sistemas de parvas o camellones estáticas. ....	12
<b>1.4.3</b>	<i>Factores que intervienen en el proceso de compostaje.</i> .....	12
<b>1.4.3.1</b>	Humedad.....	12
<b>1.4.3.2</b>	Temperatura.....	12
<b>1.4.3.3</b>	Aireación.....	12
<b>1.4.3.4</b>	Relación (Carbono/Nitrógeno) .....	12
<b>1.4.4</b>	<i>Selección de residuos para el compostaje</i> .....	13
<b>1.4.5</b>	<i>Etapas de Compostaje</i> .....	14

1.4.5.1	Etapa de latencia .....	14
1.4.5.2	Etapa mesotérmica 1 (10-40°C).....	14
1.4.5.3	Etapa Termogénica (40-75°C).....	14
1.4.5.4	Etapa mesotérmica 2 .....	15
1.5	Beneficiarios directos e indirectos.....	15

## CAPÍTULO II..... 16

2	<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>16</b>
2.1	Objetivo General .....	16
2.2	Objetivos Específicos .....	16

## CAPÍTULO III..... 17

3	<b>ESTUDIO TÉCNICO.....</b>	<b>17</b>
3.1	Localización del proyecto.....	17
3.2	Ingeniería del Proyecto.....	18
3.2.1	<b><i>Fases del Proyecto</i> .....</b>	<b>18</b>
3.2.1.1	<i>Primera Fase (Estudio de Bibliografía).....</i>	<i>18</i>
3.2.1.1	<i>Determinación de la Generación per-cápita.....</i>	<i>18</i>
3.2.1.1	<i>Determinación de la densidad de los residuos orgánicos.....</i>	<i>19</i>
3.2.1.2	<i>Tercera Fase (Procedimiento del diseño de la planta de compostaje).....</i>	<i>21</i>
3.2.1.2	<i>Cálculo y diseño de las pilas de compostaje. ....</i>	<i>21</i>
3.2.1.2	<i>Determinación del largo del montículo. ....</i>	<i>22</i>
3.2.2	<i>Estimación del compost obtenido al final del proceso. ....</i>	<i>24</i>
3.2.2.1	Balances de masa en el proceso de compostaje.....	24
3.2.2.1	<i>Triturado.....</i>	<i>24</i>
3.2.2.1	<i>Formación de las pilas y proceso de degradación. ....</i>	<i>25</i>
3.2.2.1	<i>Cribado.....</i>	<i>26</i>
3.2.3	<b><i>Determinación de la cantidad de sacos de compost obtenidos al final del proceso. ....</i></b>	<b><i>27</i></b>
3.2.4	<i>Propuesta para la utilización del Compost. ....</i>	<i>30</i>
3.2.4.1	Distribución de los espacios requeridos en la planta.....	31
3.3	<b>Proceso de Producción. ....</b>	<b>31</b>
3.3.1	<i>Diagrama del Proceso.....</i>	<i>32</i>
3.3.2	<i>Descripción del proceso de compostaje .....</i>	<i>33</i>
3.3.2.1	Recepción de materia orgánica.....	33
3.3.2.2	Disposición de las pilas de compostaje. ....	33
3.3.2.3	Control de parámetros durante el proceso .....	34
3.3.2.3	<i>Temperatura .....</i>	<i>34</i>
3.3.2.3	<i>Humedad.....</i>	<i>35</i>

3.3.2.3	<i>Aireación</i> .....	36
3.3.2.4	Proceso de cribado.....	37
3.3.2.5	Etapas de ensacado y pesado .....	37
3.4	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria. ....	38
3.4.1	<i>Equipamiento para la planta de compostaje.</i> .....	38
3.4.2	<i>Requerimientos de tecnología equipos y maquinaria.</i> .....	39
3.4.2.1	Trituradora de Materia Orgánica .....	39
3.4.2.2	Mini Cargadora Frontalq .....	40
3.4.2.3	Báscula de Plataforma .....	41
3.4.2.4	Máquina de Coser Sacos .....	42
3.4.2.6	Termómetro de Espada. ....	42
3.4.2.7	Carretillas .....	44
3.4.2.8	Palas.....	44
3.4.3	<i>Personal Requerido dentro de la Planta de Compostaje</i> .....	45
3.5	Análisis de costos. ....	46
3.6	Cronograma de Ejecución del Proyecto. ....	49

CONCLUSIONES .....	50
--------------------	----

RECOMENDACIONES.....	51
----------------------	----

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1 :</b>	Tolva de Recepción de composta lista para el cribado.....	7
<b>Figura 2-1:</b>	Bandas transportadoras.....	8
<b>Figura 3-1:</b>	Trómel para el cribado.....	9
<b>Figura 4-1:</b>	Soldadura del trómel.....	10
<b>Figura 1-3:</b>	ubicación del relleno sanitario.....	17
<b>Figura 2-3:</b>	Tambo con capacidad de 200 L.....	19
<b>Figura 3-3:</b>	Montículo de composta generado en una semana .....	23
<b>Figura 4-3:</b>	Pila formada en tres meses y especificaciones .....	23
<b>Figura 5-3:</b>	Sacos de compost obtenidos al final del proceso. ....	27
<b>Figura 6-3:</b>	Representación Gráfica de la pérdida de humedad .....	- 28 -
<b>Figura 7-3:</b>	Utilización del Compost .....	30
<b>Figura 8-3:</b>	Diagrama del Proceso.....	32
<b>Figura 9-3:</b>	Recepción de materia orgánica.....	33
<b>Figura 10-3:</b>	Pilas de composta .....	34
<b>Figura 11-3:</b>	Medición de temperatura de la composta .....	35
<b>Figura 12-3:</b>	Control de humedad (técnica del puño).....	36
<b>Figura 13-3:</b>	Volteo de la composta con mini cargadora .....	36
<b>Figura 14-3:</b>	Trómel .....	37
<b>Figura 15-3:</b>	Cosida de sacos de compost. ....	38
<b>Figura 16-3:</b>	Almacenamiento de sacos de compost .....	38
<b>Figura 18-3:</b>	Trituradora de Materia Orgánica .....	40
<b>Figura 19-3:</b>	Mini Cargadora Frontal .....	41
<b>Figura 20-3:</b>	Báscula de Plataforma .....	41
<b>Figura 21-3:</b>	Máquina de Coser Sacos .....	42
<b>Figura 22-3:</b>	Termómetro de Espada.....	43
<b>Figura 23-3:</b>	Higrómetro .....	43
<b>Figura 24-3:</b>	Carretillas .....	44
<b>Figura 25-3:</b>	Palas.....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Población de los cantones Patate y Pelileo .....	3
<b>Tabla 2-1:</b>	Generación diaria de residuos sólidos en toneladas. ....	4
<b>Tabla 3-1:</b>	Procedencia de residuos orgánicos. ....	4
<b>Tabla 4-1:</b>	Composición de los Residuos Provenientes de las plazas y mercados.....	5
<b>Tabla 5-1:</b>	Ingreso semanal de residuos orgánicos de plazas y mercados .....	5
<b>Tabla 6-1:</b>	Equipos existentes en la EMMAIT –EP.....	6
<b>Tabla 7-1:</b>	Clasificación de residuos orgánicos para el compostaje .....	13
<b>Tabla 8-1:</b>	Beneficiarios directos e indirectos.....	15
<b>Tabla. 1-3:</b>	Coordenadas UTM del relleno sanitario.....	17
<b>Tabla. 2-3:</b>	Datos para el cálculo de la densidad de los residuos orgánicos.....	20
<b>Tabla. 3-3:</b>	Caracterización físico-química del compost obtenido .....	28
<b>Tabla. 4-3:</b>	Tipos de Compost dependiendo su uso.....	28
<b>Tabla. 5-3:</b>	Distribución de los espacios requeridos en la planta	31
<b>Tabla. 6-3:</b>	Costo de equipos y maquinarias para el compostaje .....	46
<b>Tabla. 7-3:</b>	Costos de equipos de protección personal .....	46
<b>Tabla. 8-3:</b>	Detalle de costos relacionados al producto.....	47
<b>Tabla. 9-3:</b>	Costos de Mano de obra. ....	47
<b>Tabla. 10-3:</b>	Depreciación.....	47
<b>Tabla. 11-3:</b>	Gastos Totales .....	47
<b>Tabla. 12-3:</b>	Calculo de ingresos obtenidos del compost.....	48
<b>Tabla. 13-3:</b>	Estimación de ganancia .....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b> Promedio de los componentes básicos de los residuos sólidos.....	4
<b>Gráfico 1.3:</b> Formación de las pilas y proceso de degradación.....	25
<b>Gráfico 2-3:</b> Secado.....	26
<b>Gráfico 3-3:</b> Cribado.....	26
<b>Gráfico 4-3</b> Diagrama de proceso del compostaje.....	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A:</b>	Relación C/N de los principales materiales utilizados en la composta
<b>Anexo B:</b>	Diseño de la planta
<b>Anexo C:</b>	Parámetros de caracterización del compost
<b>Anexo C:</b>	Curva de pérdida de humedad durante el proceso de compostaje
<b>Anexo D:</b>	Reducción de tamaño de las ramas
<b>Anexo D:</b>	Preparación para la determinación de densidad
<b>Anexo E:</b>	Control de la humedad por el método del puño cerrado
<b>Anexo F:</b>	Inicio del proceso de cribado
<b>Anexo F:</b>	Construcción de letreros de identificación de las pilas
<b>Anexo G:</b>	Identificación de las pilas
<b>Anexo G:</b>	Técnico de la EMMAIT-EP
<b>Anexo I:</b>	Resultados de los análisis físico químicos del compost obtenido
<b>Anexo H:</b>	Hoja de registro del ingreso de materia orgánica al relleno sanitario

## RESUMEN

Se diseñó una planta para el proceso de compostaje a partir de residuos orgánicos urbanos para la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral Patate y Pelileo, cantones de la provincia de Tungurahua, se determinó el peso de la materia orgánica con la que se trabajó, y se obtuvo una cantidad promedio de 6 toneladas semanales de residuos orgánicos, provenientes de las diferentes plazas y mercados de los cantones antes mencionados. Una vez receptados en el relleno los residuos orgánicos fueron previamente clasificados, separándolos de los materiales impropios como plásticos, cartones, botellas, etc., luego se procedió a triturarlos para facilitar el proceso de descomposición durante 3 meses, en donde fueron controlados parámetros como la temperatura, humedad, ph, también se utilizaron equipos y maquinaria que facilitaron el proceso de obtención de compost como: montacargas para realizar los volteos respectivos durante la aireación, un sistemas de bandas para el transporte de la composta hacia el trómel, en donde se realizó el cribado respectivo, y para llevar un control del peso del compost obtenido se utilizó una balanza. Los resultados finales de la caracterización del compost obtenido fueron (N=1.12% , P= 1.1% , K= 0.80 , Ca= 1.5% , Mg=0.97% , Mn=4.7 ppm , Fe 31.5 ppm , Zn 0.4 ppm; Ph 8.7) comparados con la Norma de Calidad PAS 100 de la British Standard Institution (BSI, 2015), la que nos indica que nuestro abono se encuentra dentro de la clasificación como mejorador de suelos. Se recomienda a la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral Patate- Pelileo (EMMAIT-EP) implementar este proyecto para dar un tratamiento adecuado a los residuos orgánicos producidos en los cantones, y mejorar así el medio ambiente.

**Palabras Claves:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERA QUÍMICA>, <PLANTA DE COMPOSTAJE> <COMPOSTAJE>, <RESIDUOS ORGÁNICOS>, <CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA > < ABONO ORGÁNICO> <PELILEO (CANTÓN)> <PATATE (CANTÓN)> <TUNGURAHUA (PROVINCIA)>

## ABSTRACT

It was designed a plant for the composting from urban organic waste for the Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral Patate y Pelileo, cantons of Tungurahua Province, the weight of organic matter was determined with which worked, and it was obtained an average amount of six tons weekly of organic waste, deriving from different indoor and outdoor markets abovementioned. Once receipted in the filled the organic waste were classified previously, separating them of foreign materials like plastics, cartons, bottles, etc., then the materials were crushed in order to facilitate the decomposition process during three months, where parameters like temperature, humidity, ph, also equipment and machinery were used that facilitated the process of compost like: forklift to carry out the turnings during the aeration, a conveyor belt for the transportation of compost to the trammel, where the sieving was done and to control of compost weight a scale was used. The final results of compost characterization obtained were (N=1.12 %, P=1.1%,K=0.80, Ca=1.5%, Mg=0.97%, Mn=4.7ppm, Fe=31.5ppm, Zn= 0.4ppm, Ph=8.7) compared with the quality standard PAS 100 of British Standard Institution (BSI, 2015), which indicates that the compost is in the classification like soil improvement product. It is recommended to the Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral Patate y Pelileo (EMMAIT-EP) to implement this project in order to give an appropriate treatment to organic waste produced in cantons and improving of this way the environment.

Key words: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <CHEMICAL ENGINEERING>, <COMPOST PLANT>, <ORGANIC WASTE>, <PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION>, <ORGANIC COMPOST>, <PELILEO (CANTON)>, <PATATE (CANTON)>, <TUNGURAGUA (PROVINCE)>.

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Identificación del Problema**

La cantidad de residuos orgánicos provenientes de plazas y mercados, de los cantones Patate y Pelileo, llegan aproximadamente a 6 toneladas por semana, cuyo destino final es el relleno sanitario, lo cual causa una contaminación evidente en la atmósfera por la falta de un tratamiento adecuado de los mismos y que evidencia un problema notable como la generación de malos olores que aquejan a las comunidades cercanas, estos residuos pueden ser aprovechados para la elaboración de compost, y ser utilizado por los pequeños agricultores de la zona.

#### **1.2 Justificación del proyecto**

La cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario de la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral Patate-Pelileo (EMMAIT-EP), no están siendo aprovechados adecuadamente, y considerando que la empresa busca el bienestar de la comunidad brindando servicios de aseo integral, estos cantones se encuentran mejorando cada día en el ámbito de la conservación del medio ambiente, a través de nuevos proyectos que pretenden dar una solución a los diversos problemas que se generan en el relleno, uno de ellos es el aprovechamiento de los residuos orgánicos urbanos, mediante el Diseño de una Planta para el proceso de compostaje, de esta manera se pretende mejorar los cultivos de la zona, ya que el compost permite la fijación de carbono en el suelo, así como la mejora en la capacidad de absorción de agua.

Con este proyecto se busca disminuir la cantidad de residuos orgánicos que ingresan al relleno sanitario, ya que durante el proceso de compostaje se reduce hasta un 50% el peso y el volumen de los residuos. Actualmente la EMMAIT-EP se encuentra investigando un método para el tratamiento de los lixiviados por lo que, el diseño de la planta de compostaje a partir de los residuos orgánicos será un complemento de una serie de estrategias que busca implementar la empresa para mejorar su servicio a la comunidad.

### **1.3            Línea de base del proyecto.**

#### **1.3.1            *Antecedentes***

La EMMAIT –EP es una empresa cuyo compromiso de creación fue firmado el 09 de diciembre de 2009, bajo la representación de los señores alcaldes Medardo Chilibinga de Patate, y Manuel Caizabanda de Pelileo. Posteriormente con fecha 17 y 24 de noviembre de 2010 aprueban la ORDENANZA DE CONSTITUCIÓN DE LA EMPRESA MANCOMUNADA DE ASEO INTEGRAL DE LOS CANTONES PATATE Y PELILEO.

Inició sus actividades el 1 de enero del 2011, con la finalidad de que la EMMAIT- EP asuma la responsabilidad exclusiva en dar el servicio del manejo de los residuos sólidos a la población de estos cantones, con el compromiso de manejar y reducir al máximo el impacto ambiental que causa la basura, esta empresa ha venido realizando diversas actividades como clasificación de los residuos sólidos, tratamiento de los desechos peligrosos, tratamiento de lixiviados, reciclaje entre otros.

Por esta razón el diseño de una planta para producción de compost a partir de los desechos orgánicos permitirá la recuperación de los mismos y será un complemento a las actividades y compromisos que tiene la EMMAIT-EP con la comunidad.

##### **1.3.1.1            *Poblaciones***

“La población total del cantón Pelileo es 56.573 y en el cantón Patate es de 13.497 habitantes, se puede observar que existe una población entre joven a adulta en su mayoría, constituida por un porcentaje ligeramente superior de mujeres”. (Censo de Población, 2010).



Tabla 1-1: Población de los cantones Patate y Pelileo

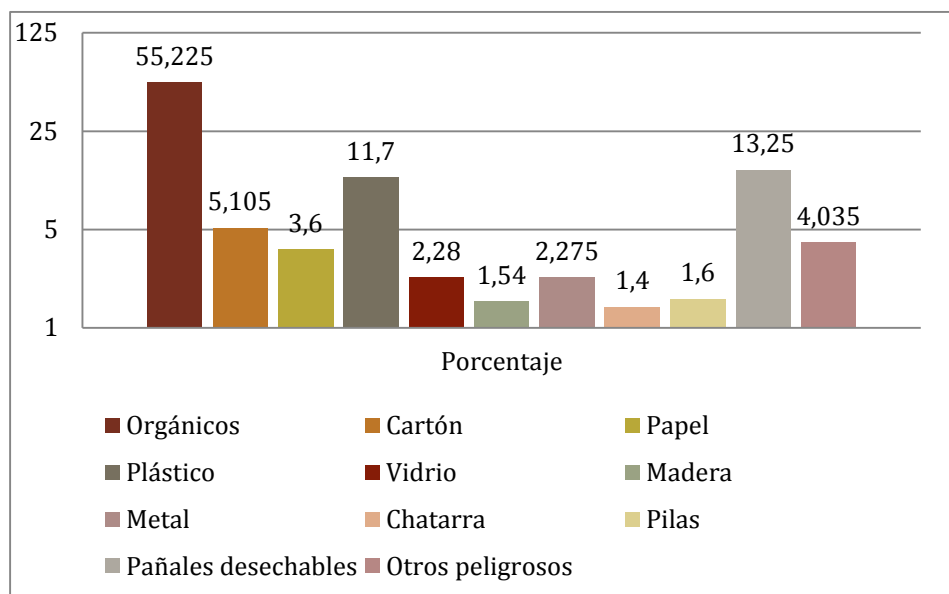
<b>Población por edades</b>	<b>Pelileo</b>	<b>Patate</b>
Población - menores a 1 año	1016	242
Población - 1 a 9 años	9756	2429
Población - 10 a 14 años	5700	1449
Población - 15 a 29 años	15618	3715
Población - 30 a 49 años	13698	2994
Población - 50 a 64 años	5939	1340
Población - de 65 y más años	4846	1328
<b>Población por etnias</b>	<b>Pelileo</b>	<b>Patate</b>
Población afroecuatoriana	381	172
Población blanca	1077	397
Población mestiza	47771	12123
Población Indígena	7117	771
<b>Población por sexo</b>	<b>Pelileo</b>	<b>Patate</b>
Población – Hombres	27327	6720
Población – Mujeres	29246	6777

**Fuente:** Censo de Población, 2010

**Realizado por:** TIPÁN, Paola, 2016

#### 1.3.1.2 *Relleno sanitario*

Al relleno sanitario de la EMMAIT-EP ingresan todos los residuos urbanos de los cantones Patate y Pelileo, en donde según datos proporcionados por la EMMAIT-EP se tiene una producción per-cápita promedio de 0,57 kg/hab/día de residuos sólidos en general, mientras que la producción per-cápita de residuos orgánicos corresponde a 0.30 Kg/hab/día. A continuación en la tabla 2 se detalla el promedio de los componentes de estos residuos sólidos.



**Gráfico 1-1:** Promedio de los componentes básicos de los residuos sólidos  
**Fuente:** Equipo Técnico EMMAIT-EP  
**Realizado por:** TIPÁN, Paola 2016

**Tabla 2-1:** Generación diaria de residuos sólidos en toneladas.

TIPO DE RESIDUO	TONELADAS/DÍA
Orgánicos	21.29
Inorgánicos	18.71
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>

**Fuente:** EMMAIT-EP  
**Realizado por:** TIPÁN, Paola 2016

A continuación en la siguiente tabla se detallan en promedio las fuentes de donde provienen los residuos orgánicos que son receptados en el relleno sanitario de La EMMAIT-EP.

**Tabla 3-1:** Procedencia de residuos orgánicos.

FUENTE	PROMEDIO EN TONELADAS/DÍA	PORCENTAJE
Domiciliaria	19,26	43,65
Plazas y Mercados	2,03	9,58
<b>TOTAL</b>	<b>21,29</b>	<b>53,23</b>

**Fuente:** EMMAIT-EP  
**Realizado por:** TIPÁN, Paola 2016

Para el desarrollo de este proyecto se trabajó únicamente con los residuos orgánicos provenientes de las diferentes plazas y mercados de los cantones, debido a que aún no existe una cultura en la población respecto a la separación de los residuos orgánicos de los inorgánicos en aquellos provenientes de los domicilios, mientras que en las plazas y mercados encontramos residuos orgánicos libres en su mayoría residuos inorgánicos. Por este motivo en este proyecto se trabajará con los residuos de plazas y mercados que representan el 9,58 % diario del total de la materia orgánica receptada en el relleno sanitario.

**Tabla 4-1:** Composición de los Residuos Provenientes de las plazas y mercados

<b>TIPO DE RESIDUO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Vegetales	2.86
Frutas	1.59
Hortalizas	2.01
Hierbas (alimenticias)	3.12
<b>TOTAL</b>	<b>9,58</b>

Fuente: EMMAIT-EP

Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

Como datos de partida para realizar la planta de proceso de compostaje fueron tomados en consideración las cantidades de la materia orgánica de plazas y mercados durante seis meses según los registros proporcionados por la EMMAIT-EP

**Tabla 5-1:** Ingreso semanal de residuos orgánicos de plazas y mercados

<b>MES</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>	<b>Total</b>
<b>Febrero</b>	6.102 Ton	6.760 Ton	5.230 Ton	7.420 Ton	<b>25.512 Ton</b>
<b>Marzo</b>	5.7 Ton	6.54 Ton	5.10 Ton	6.35 Ton	<b>23.69 Ton</b>
<b>Abril</b>	6.547 Ton	6.34 Ton	6.82 Ton	5.654 Ton	<b>25.361 Ton</b>
<b>Mayo</b>	6.213 Ton	5.498 Ton	6.014 Ton	5.980 Ton	<b>23.705 Ton</b>
<b>Junio</b>	5.879 Ton	6.055 Ton	6.36 Ton	5.082 Ton	<b>23.376 Ton</b>
<b>Julio</b>	7.002 Ton	6.325 Ton	6.412 Ton	6 Ton	<b>25.739 Ton</b>

Fuente: EMMAIT-EP

Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

Tomando en consideración que EMMAIT-EP es una empresa ya constituida, y que al realizar manejo de desechos sólidos en el relleno sanitario, ya cuenta con determinados equipos para realizar los diversos trabajos, algunos de ellos pueden ser utilizados provisionalmente en la planta de procesamiento de compost.

**Tabla 6-1:** Equipos existentes en la EMMAIT –EP

<b>EQUIPOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>CARGADORA FRONTAL</b>	La EMMAIT-EP dispone de una cargadora frontal que utiliza para la remoción de basura que será enterrada.
<b>CARRETILLA.</b>	Actualmente dispone de carretillas para pequeños trabajos de traslado de desperdicios sólidos

**Realizado por:** TIPÁN, Paola 2016

**Fuente:** EMMAIT-EP

#### 1.3.1.3 *Maquinaria y equipos para el sistema de compostaje.*

Se consideró la disponibilidad de ciertos equipos que EMMAIT-EP tenía en sus bodegas, los mismos que fueron adquiridos años atrás para otros fines, pero por cuestiones propias de la empresa estos equipos no fueron utilizados, por lo que durante este proyecto se dispuso darles uso para el cribado de la composta madura y de esta manera se pudo armar el sistema de bandas de compostaje con los equipos disponibles, los mismos que fueron acoplados según nuestro interés con la ayuda del personal de la empresa, así como también se sugirió ciertas adecuaciones a los mismos.

A continuación se detallan los equipos y sus especificaciones técnicas que fueron usados para el diseño del sistema de compostaje con el que se trabajó para realizar las diferentes pruebas iniciales del compost así como para el proceso ya definido.

#### 1.3.1.4 *Tolva de recepción.*

Esta tolva de recepción es la parte inicial del equipo de sistema de compostaje, aquí se deposita la composta madura que está lista para ser tamizada, y que requiere de la ayuda de un operador para incorporarla a las bandas que la llevarán hacia el trómel y cuenta con las siguientes especificaciones:

### **EQUIPO**



### **ESPECIFICACIONES.**

- Ancho anterior: 90 cm
- Ancho posterior: 2,40 m
- Largo : 2 m
- Alto : 1.16 m

Figura 1-1: Tolva de Recepción de composta lista para el cribado.

Fuente: EMMAIT-EP

Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

### 1.3.1.5 *Bandas Transportadoras.*

Estas bandas están correctamente instaladas, la primera va desde la tolva de recepción hasta el trómel, en donde se separan los materiales de acuerdo a su tamaño, la siguiente banda transportadora lleva el material de mayor diámetro hacia unas carretillas que se encuentran estratégicamente ubicadas para receptor material impropio, mientras que la materia de menor tamaño se dirige a través de una tercera banda hacia el segundo trómel que permite separar el material de un diámetro menor, mismo que se dirige hacia los sacos que se encuentran colocados para su recepción.

#### EQUIPO



#### ESPECIFICACIONES.

a) Banda (tolva-trommel) :	largo de 5 m	ancho: 90 cm
b) Banda (trommel-trommel):	largo 5.50 m	ancho: 90 cm
c) Banda (trommel-carretilla):	largo 6.60	ancho: 90 cm
Motor: 3 hp		

**Figura 2-1:** Bandas transportadoras.

Realizado por: TIPÁN, Paola 2016  
Fuente: EMMAIT-EP

#### 1.3.1.6 Trómel.

El sistema cuenta con dos Trómel que permiten la separación de los materiales ajenos al compost, el primero se encuentra ubicado en la mitad de las bandas transportadoras y es el de mayor tamaño con una capacidad de 2 ton, éste separa materia mediana y grande, mientras que el segundo trómel se encuentra ubicado luego del primero y separa la materia pequeña y mediana obteniendo ya el producto final.

### EQUIPO



### ESPECIFICACIONES

- Primer trommel.
  - ✓ diámetro de 1.50 m
  - ✓ Largo: 6.60 m
  - ✓ Motor : 5hp
- Segundo trommel.
  - ✓ diámetro 0.50 m
  - ✓ largo 1.10 m
  - ✓ Motor: 1.5 hp

Figura 3-1: Trómel para el cribado.

Fuente: EMMAIT-EP  
Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

Estos equipos fueron armados con la ayuda del personal de la empresa y se los dispuso de acuerdo a las necesidades del proceso de compostaje, y una vez puesto en marcha el proceso se lo ha ido realizando ciertas adecuaciones necesarias para su buen funcionamiento.



Figura 4-1: Soldadura del trómel.

Fuente: EMMAIT-EP

### **1.3.2      *Principales Definiciones del Proyecto***

#### **1.3.2.1      *Residuos Sólidos Urbanos***

Los residuos urbanos o municipales son definidos como: “aquellos residuos generados en domicilios particulares, oficinas, secretarías, servicios, y todos a aquellos que no reciban la nominación de peligrosos” (ley española 10/98 de residuos)

#### **1.3.2.2      *Desechos de plazas y mercados.***

Estos desechos están constituidos por todos los residuos que quedan luego de una actividad comercial, en donde se puede encontrar materiales inorgánicos como bolsas plásticas, cartones, botellas de vidrio, fundas etc., y materiales orgánicos como residuos vegetales, frutales, hierbas, granos etc.



## **1.4 Compostaje**

De manera general se define al compostaje como una biotécnica en la cual se puede llevar un control sobre los procesos en los que las bacterias degradan la materia. En cada pila de compostaje se presencia en determinadas etapas una serie de procesos, sin embargo lo aceptable es que permitir que se den procesos metabólicos respiratorios de tipo aerobio, pues esto permite disminuir los procesos de fermentación debido a que los productos finales de este proceso no son óptimos e impiden la captación de nutrientes. (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999a: p.17)

### **1.4.1 Compostaje aeróbico**

Esta tipo de compostaje se lo conoce porque prevalece un metabolismo respiratorio aeróbico al igual que la presencia de etapas mesotérmicas (10-40 °C) combinadas con etapas termogénicas (40-75°C), y con la ayuda de mesófilos y termófilos respectivamente. (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999b: p.18)

### **1.4.2 Sistema de compostaje aeróbico.**

#### **1.4.2.1 Sistemas de camellones o pilas**

Parvas, camellones o pilas es la denominación que se le da a la masa de residuos en compostaje cuando la misma presenta una morfología y dimensiones determinadas. A los sistemas donde se procesa el material mediante la conformación de estas estructuras se le denomina Sistema en Parvas o Camellones. (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999j: pp.20-21)

De acuerdo al método de aireación utilizado este sistema se subdivide además en:

- 1.4.2.1 Sistemas de Parvas o camellones móviles.** Este se da cuando la etapa de aireación se la ejecuta realizando volteos con la ayuda de una pala o maquinaria apropiada, permitiendo así no solo la aireación sino también una correcta homogenización.

**1.4.2.2 Sistemas de parvas o camellones estáticas.** Este sistema se lo realiza de manera estática y permanente con la ayuda de instalaciones adecuadas en cada pila de composta, sin necesidad de movimientos como en el caso anterior. (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999j: pp.20-21)

### **1.4.3 Factores que intervienen en el proceso de compostaje.**

#### **1.4.3.1 Humedad**

Es un parámetro de importancia desde el punto de vista económico y de calidad, debido a ello su medición está incluida dentro de un análisis químico. Determina las condiciones adecuadas para un correcto desarrollo de las actividades que realizan los microorganismos en el proceso de. Es recomendable mantener un equilibrio de la humedad porque su exceso o ausencia son perjudiciales en la obtención de un buen producto y de calidad; la humedad indicada para un buen desempeño del proceso fermentativo se encuentra entre el 51 y 61 % del peso (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999c: p.23)

#### **1.4.3.2 Temperatura**

Este parámetro está en función de la actividad microbiológica, comenzando desde que se incorpora los diferentes elementos a la mezcla. (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999d: p.23)

#### **1.4.3.3 Aireación**

Abastecimiento de oxígeno para el buen desarrollo de los microorganismos.

#### **1.4.3.4 Relación (Carbono/Nitrógeno)**

La relación C/N representa las unidades de carbono por unidades de nitrógeno presentes en la materia orgánica. El carbono aporta energía a los microorganismos, mientras que el nitrógeno es necesario para la síntesis proteica, una relación adecuada entre estos dos nutrientes favorecerá a una buena composta.

Una relación C/N alta significa que el proceso de descomposición es lento, y se requiere de nitrógeno adicional para acelerar el proceso de descomposición. En contraste una relación de C/N baja indica que el material tiene alto contenido de nitrógeno y en el proceso de descomposición se pierde N en forma de amoníaco sobre todo cuando la temperatura se eleva y el pH es bajo.

Para facilitar la selección de materiales según el aporte de C/N existen tablas referenciales en donde se encuentran las relaciones de C/N de algunos materiales para composta, en las cuales podemos basarnos para la selección de materiales en la formación de las pilas. Ver Anexo 1 (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999e: p.21)

#### ***1.4.4 Selección de residuos para el compostaje***

Al seleccionar los residuos a compostar se debe tomar en cuenta que exista la presencia de 4 elementos básicos como, residuos verdes ( aportan nitrógeno), residuos cafés (aportan carbono), agua y aire (oxígeno). Los residuos verdes provienen generalmente de los domicilios y mercados, mientras que los residuos cafés son básicamente plantas secas (puede incluirse papel cortado en tiras delgadas). (Rodríguez Salinas, Marcos; & Córdova Vásquez, Ana 2006 pp 30-32)

**Tabla 7-1:** Clasificación de residuos orgánicos para el compostaje.

	<b>RESIDUO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Cafés</b>	Aserrín ,virutas de Madera	No usar si proviene de madera tratada con productos químicos.
	Hojas secas	
	Pasto	Se puede secar al sol el pasto.
	Paja cortada y seca	Deben ser reducidas a tamaños menores
	Podas de árboles	
<b>Verdes</b>	Cítricos	Se requiere de buena aireación.
	Estiércol de animales herbívoros	Muy útil
	Frutas, verduras, residuos de comida.	Picar en trozos pequeños
	Maleza verde	

**Realizado por:** TIPÁN, Paola 2016

**Fuente:** Rodríguez Salinas, Marcos; & Córdova Vásquez, Ana 2006

### **1.4.5 Etapas de Compostaje**

#### **1.4.5.1 Etapa de latencia**

Es la primera etapa que comienza desde que se conforma la pila hasta que se empieza a apreciar el aumento de temperatura, pues inicialmente la temperatura es muy baja. Esta etapa se la puede evidenciar cuando el material ingresa totalmente fresco al compostaje, esta etapa es muy variable en cuanto a su duración y depende de diferentes factores.

Para que la etapa sea definida y correctamente identificada, debe existir un equilibrio adecuado de la relación carbono-nitrógeno, pH y oxígeno adecuado, y de esta manera se la temperatura y la carga de biomasa microbiana definen la duración de esta etapa. La temperatura ambiente oscila entre 10 a 12 °C, cuando las pilas están correctamente conformadas, y esta etapa puede durar de 24 a 72 hs. (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999f: p.19)

#### **1.4.5.2 Etapa mesotérmica 1 (10-40°C)**

En esta etapa se presencia las fermentaciones de la microflora mesófila, en presencia de oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Es importante mantener condiciones aeróbicas adecuadas para que Euactinomicetos (aerobios estrictos) puedan actuar, estos se caracterizan porque producen antibióticos.

Otro de los procesos presentes en esta etapa son los de nitrificación y oxidación de compuestos reducidos de Azufre, Fósforo, etc. Esta etapa tiene una duración variable que dependen de algunos factores. (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999g: p.19)

#### **1.4.5.3 Etapa Termogénica (40-75°C)**

Aquí la microflora mesófila desaparece para dar paso a la termófila, esto gracias a la presencia de bacilos y actinomicetos termófilos. Comúnmente durante esta etapa desaparecen agentes patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos extraños. En esta etapa ya se aprecian notables emanaciones de vapor de agua por lo que es importante una adecuada compactación y ventilación para que esto sea posible. Desde el centro de la es emanado el CO<sub>2</sub> en volúmenes significativos. Este gas es indispensable en el control de las larvas de insectos, ya

que cuando el material es rico en proteínas, esta se convierte en llamada zona puesta de insectos, por lo que la concentración de CO<sub>2</sub> permite la eliminación para las larvas, pues éste es letal para los mismos.

Por otra parte mientras el ambiente se hace totalmente anaerobio, los demás grupos termófilos presentes, comienzan a morir. Se considera a esta etapa como importante por la higienización del material, y el agotamiento de los nutrientes. (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999h: p.19)

#### **1.4.5.4 Etapa mesotérmica 2**

Una vez agotados los nutrientes y con la desaparición de los agentes termófilos se aprecia una disminución en la temperatura. Pero si la temperatura se encuentra en rangos aproximados a temperaturas iguales o inferiores a los 40°C reaparecen nuevamente los microorganismos mesófilos que captarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación, como la celulosa y lignina sobrantes en la pila.

Esta etapa se la conoce generalmente como etapa de maduración. Su duración depende de numerosos factores. La temperatura empieza a bajar llegando a valores próximos a la temperatura ambiente. Es aquí en donde se considera que el material se encuentra estable a nivel biológico y se puede dar por terminado el proceso. (Sztern, Daniel; Pravia Miguel A. 1999i: p.19)

### **1.5 Beneficiarios directos e indirectos.**

Con el desarrollo de este proyecto existirán beneficiarios tanto directos como indirectos, como se muestra a continuación.

**Tabla 8-1:** Beneficiarios directos e indirectos

BENEFICIARIOS DIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>EMMAIT-EP (Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral Patate Pelileo)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunidades cercanas al relleno sanitario gracias a la disminución de malos olores.</li> <li>• Agricultores de los cantones Patate, Pelileo.</li> </ul>

Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

## **CAPÍTULO II**

### **2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1 Objetivo General**

Diseñar una planta para el procesamiento de compostaje a partir de residuos urbanos orgánicos para la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral Patate-Pelileo ubicada en la parroquia Pelileo Grande

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el balance de masa para el proceso de compostaje a partir de residuos urbanos orgánicos que llegan al relleno Sanitario EMMAIT-EP
- Diseñar el proceso para la obtención de compost.
- Realizar la caracterización físico-química del compost natural que se obtiene.
- Proponer la utilización del compost obtenido para fines agrícolas.

## CAPÍTULO III

### 3 ESTUDIO TÉCNICO

#### 3.1 Localización del proyecto.

El relleno Sanitario de la EMMAIT-EP se encuentra ubicado en la parroquia Pelileo Grande, sector el Derrumbo perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua en el Ecuador.

El espacio ocupado por el relleno sanitario limita al norte con una Quebrada seca, al sur con la propiedad del Sr: Néstor Guala y con las laderas de Gamboa, al este con la propiedad del Sr: Rosendo Malusín y al oeste con la entrada al relleno y su distancia desde el centro de Pelileo es de 2 km.

A continuación en la figura 1.3 se presenta la ubicación del relleno sanitario

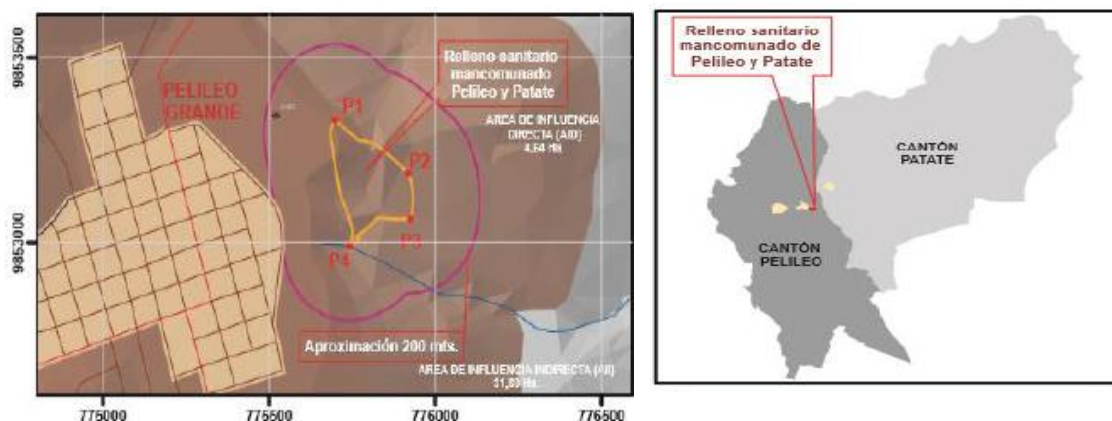


Figura 1-3: Ubicación del relleno sanitario

Fuente: Equipo técnico de la EMMAIT-EP

Tabla. 1-3: Coordenadas UTM del relleno sanitario

Ubicación del relleno sanitario Según coordenadas UTMWGS8417S	PUNTO	E	N
	P1	775699	9853335
	P2	775918	9853190
	P3	775925	9853065
	P4	775743	9852991

Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

Fuente: Equipo técnico de la EMMAIT-EP

## 3.2 **Ingeniería del Proyecto.**

### 3.2.1 *Fases del Proyecto*

Este trabajo se dividió en tres fases: estudio de bibliografía, estudio de generación de residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario, y el proceso de diseño de una planta para compostaje.

En la primera fase se hizo un estudio documental respecto a la normativa vinculada a los procesos de compostaje, en la segunda fase se desarrolló el estudio de generación de residuos sólidos en los cantones Patate y Pelileo así como su producción per cápita, y en la tercera etapa se calculó el volumen de los residuos y el dimensionamiento de la planta de compostaje.

#### 3.2.1.1 *Primera Fase (Estudio de Bibliografía)*

Se hizo un análisis minucioso respecto a la Norma de Calidad PAS 100 de la British Standard Institution (BSI, 2015), y documentación relacionadas a la temática. Se basó principalmente en el Manual de Compostaje del Agricultor (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO)

#### 3.2.1.2 *Segunda Fase (Estudio de generación)*

En esta segunda fase se realizó la cuantificación de la generación de residuos sólidos a través de la información del equipo técnico de la EMMAIT-EP, así como los datos poblacionales de los cantones Patate y Pelileo para la determinación per-cápita de residuos sólidos.

##### *Determinación de la Generación per-cápita.*

Para obtener la generación per-cápita de residuos sólidos en Kg/hab.día que corresponden a una semana, se dispuso dividir peso de los residuos sólidos entre el número de habitantes, según la (NMX-AA-061-1985)

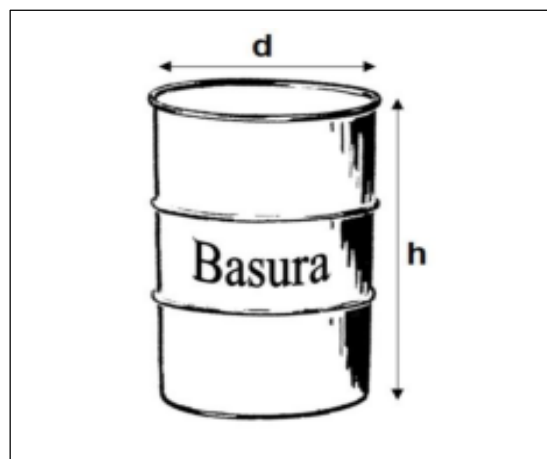


$$\text{Generación Percápita} = \frac{\text{Kg de residuos recolectados}}{\text{Nº personas}} \quad \text{ec. 1}$$

$$\text{Generación Percápita} = \frac{21290 \text{ kg/día}}{70070 \text{ hab}} = 0,30 \frac{\text{Kg. hab}}{\text{día}}$$

#### *Determinación de la densidad de los residuos orgánicos*

Se realizó la determinación de la densidad total de los residuos sólidos orgánicos de acuerdo a los parámetros técnicos. En la determinación se empleó un tambo con capacidad de 200 L, tal como se muestra en la Figura 2.3.



**Figura 2-3: Tambo con capacidad de 200 L.**

Como se muestra en el Anexo 5. Se pesó el recipiente vacío, tomando este peso como tara del recipiente. Una vez tomado el peso del recipiente vacío se lo llenó con los desechos sólidos de cada día, procurando que éstos se acomoden perfectamente dentro del recipiente, y evitando presionarlos, esto con el fin de no alterar los datos de densidad, de la misma manera se golpeó el recipiente contra el suelo por 3 veces desde una altura de 10 cm, con el fin de reacomodar los residuos en los espacios que hayan quedado vacíos y de esta manera llenar nuevamente con residuos hasta el tope del recipiente. (NMX-AA-019-1985)

Finalmente se obtuvo el peso promedio de los residuos (ecuación 2), calculándose después el peso volumétrico *in situ* de los residuos. Este cálculo se hizo por cada día de estudio y se obtuvo el peso volumétrico promedio durante una semana, el cual se calculó mediante la ecuación 3.

**Tabla. 2-3:** Datos para el cálculo de la densidad de los residuos orgánicos.

Número de días recolectados	Peso del recipiente Vacío (1)	Peso del recipiente +R.Orgánicos (2)	Peso de Residuos Orgánicos Kg (2) - (1)
<b>1</b>	7 Kg	58.6	51.6
<b>2</b>	7 Kg	57.9	50.9
<b>3</b>	7 Kg	58.8	51.8
<b>4</b>	7 Kg	58.4	51.4

Realizado por: TIPÁN, Paola. 2016

$$P_{promedio} = \sum_{i=sábado}^{sábado} día_i = Peso_1 + Peso_2 + Peso_3 + Peso_4 \quad ec. 2$$

$$P_{promedio} = \frac{(51.6 + 50.9 + 51.8 + 51.4)Kg}{4}$$

\

$$P_{promedio} = 51.4 Kg$$

$$P_v = \frac{Peso\ promedio\ a\ la\ semana\ (kg)}{Volumen\ del\ contenedor\ (m^3)} \quad ec. 3$$

$$P_v = \frac{51.4 Kg}{0.2 m^3}$$

$$P_v = 257 \frac{Kg}{m^3}$$

Dónde:

Pv = Peso volumétrico en Kg/día.

P= Peso promedio de los residuos (peso bruto menos tara) Kg.

V= Volumen del contenedor en m<sup>3</sup>.

### *3.2.1.3 Tercera Fase (Procedimiento del diseño de la planta de compostaje)*

Para el diseño de la planta de compostaje se determinó la cantidad de residuos orgánicos que llegan al relleno sanitario, con estos datos se calculó el número, dimensiones y volumen de las pilas que se deben formar, para ello se calculó el volumen de un montículo que se obtiene en una semana de la recolección de residuos orgánicos de las plazas y mercados de los cantones Patate y Pelileo.

Además se calculó la superficie necesaria para el patio de trabajo, considerando que el tiempo requerido por las pilas para completar el proceso y quedar lista como composta es de 3 meses en promedio.

Basándonos en los cálculos del taller – técnicas de compostaje (FAO 2013), para la obtención de una pila de composta y con los pesos obtenidos del estudio de generación de materia orgánica, se obtuvieron las medidas de un montículo que se puede formar en una semana.

#### *Cálculo y diseño de las pilas de compostaje.*

Con el fin de diseñar la planta de compostaje se calculó el volumen de residuo diario que ésta recibirá, dividiendo la cantidad de residuos esperados entre el peso volumétrico de ellos, este volumen se incrementó en un 10% con la finalidad de incrementar un espacio de amortiguamiento en la planta.

Se hizo el cálculo con los resultados del ingreso de materia orgánica de plazas y mercados que ingresan al relleno sanitario, los cuales se muestran en la tabla 5.1. Se sumaron los pesos de la materia orgánica de plazas y mercados que ingresó al relleno sanitario durante 4 días que son los que la EMMAIT-EP destina para recolectar únicamente materia orgánica, con los cual se obtuvieron 6 toneladas en promedio, equivalente a 6000 Kg/semana de materia orgánica de plazas y mercados semanales.

Con información del archivo Taller-técnicas de compostaje (FAO, 2013), se tomó en cuenta que el peso volumétrico del material inicial es de 257 kg/m<sup>3</sup>, a continuación se obtuvo el volumen dividiendo los 6000 kg de material inicial entre 257 kg/m<sup>3</sup> dando como resultado 23.34 m<sup>3</sup>, más el 10% que es 2.33 m<sup>3</sup> en total fue de 25.67 m<sup>3</sup>.

Considerando que se desea obtener dos pilas para el proceso de compostaje dividimos el volumen entre dos dándonos un total de 12.83 m<sup>3</sup> que será el volumen correspondiente a de cada pila, obteniendo así el largo que deberá tener cada montículo.

*Determinación del largo del montículo.*

$$Volumen = \pi * h * ancho * \frac{largo}{2} \quad \text{ec. 4}$$

Sustituyendo, volumen, altura y ancho recomendados se obtiene:

$$Largo = \frac{Volumen}{\pi * 1.5 * 2} * 2$$

$$Largo = \frac{12.83 \text{ m}^3}{\pi * 1.5 * 2} * 2$$

$$Largo = 2.7 \text{ m}$$

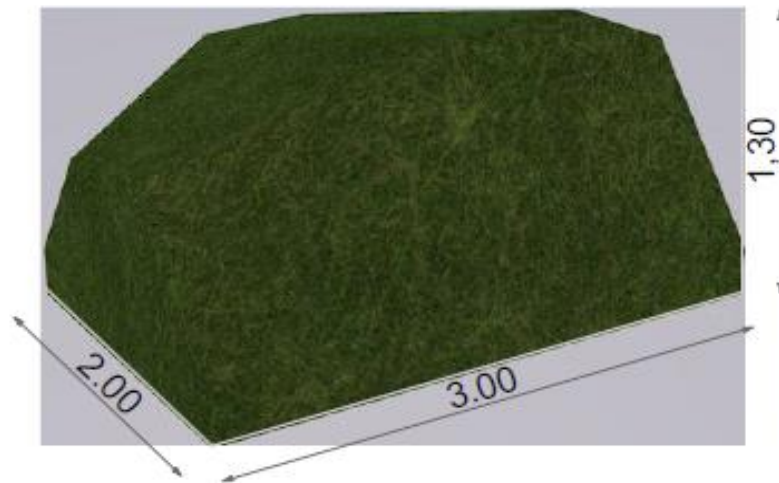
Por lo tanto las dimensiones del montículo que se genera en una semana son:

Largo = 2.7 ~ 3 m

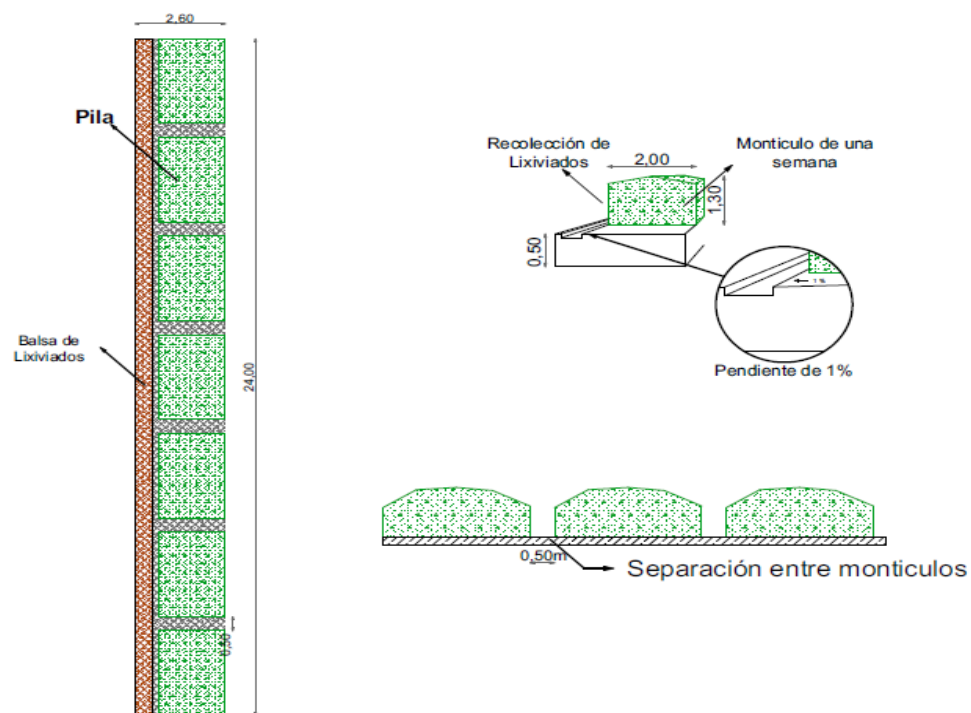
Ancho = 2 m

Altura = 1.5 m

Los resultados del dimensionamiento de los montículos y pila de composta empleando el método desarrollado por la FAO, se muestra en la figura 3.3 y 4.3



**Figura 3-3:** Montículo de composta generado en una semana  
Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016



**Figura 4-3:** Pila formada en tres meses y especificaciones  
Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

### **3.2.2      *Estimación del compost obtenido al final del proceso.***

Para estimar la cantidad del compost que puede obtenerse al final del proceso se debe establecer las salidas junto con las entradas en cada operación unitaria, haciendo un balance de materiales en las operaciones en donde exista alguna pérdida o ganancia, ya sea en peso, volumen, humedad, transformación física, etc.

#### **3.2.2.1      *Balances de masa en el proceso de compostaje.***

A continuación se estiman las entradas y salidas de las operaciones unitarias donde se genera algunas pérdidas o ganancias durante el proceso de compostaje.

#### ***Triturado***

Durante esta operación unitaria se transforma físicamente todas las ramillas que, antes de ser sometidas al compostaje deben ser cortadas en ramillas más pequeñas cuyo tamaño oscila entre 1 cm y 3 de largo, con un diámetro menor o igual a 1 cm.

Cuando se incorporó este material en las pilas se lo realizó de forma manual con la ayuda de un machete, y así se obtuvieron ramillas entre 7 y 12 cm de largo. Sin embargo con la máquina trituradora propuesta para esta operación, se estima que las ramillas después del triturado, obtenga entre 1 cm y 3 cm de largo.

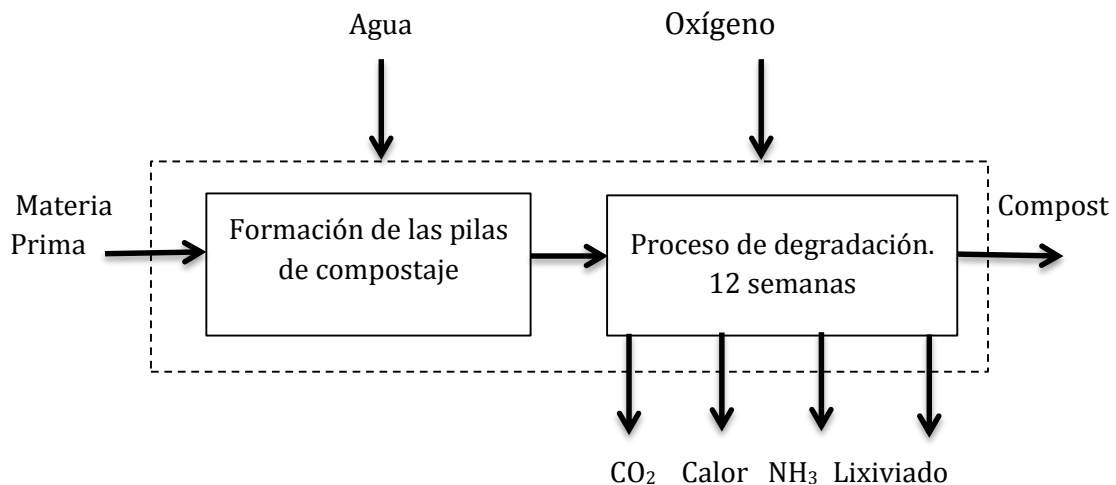
Esta operación unitaria permite mejorar el contacto con los microorganismos biodegradantes, y como consecuencia un mayor porcentaje de ramillas degradadas al final del proceso.

Con estas especificaciones podemos considerar que la materia al ser procesada durante esta operación no sufre pérdidas en peso, debido a que solo se ejecuta un cambio físico; por lo tanto la cantidad que ingresa será igual a la que sale.

### *Formación de las pilas y proceso de degradación.*

Tanto la formación de las pilas como el proceso de degradación se los ha considerado como una sola operación unitaria, puesto que durante el proceso de degradación son los microorganismos presentes en las pilas los que actúan, no dependiendo así de un operador.

De esta manera se presenta a continuación los elementos que son adicionados manualmente y aquellos que son expulsados manualmente, y van al medio ambiente.

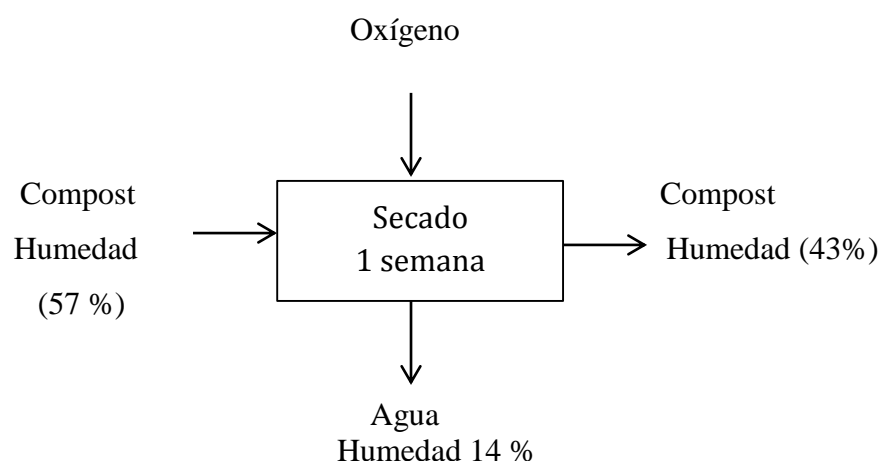


**Gráfico 1-3:** Formación de las pilas y proceso de degradación  
Realizado por: TIPAN, Paola, 2016

La materia prima está compuesta por los materiales mencionados anteriormente procedentes de plazas y mercados, siendo un total de 6000 Kg con presencia de humedad que entra a esta operación, pasadas las 12 semanas se obtiene un compost con una humedad entre 10 al 15 % según anexo C

### *Secado*

En esta operación unitaria la humedad puede descender, quedando una pila de hasta un 40 % en peso como se observa en la Figura 9.3 El volteo en esta semana se lo realizó con el fin de seguirle suministrando oxígeno a la pila de compostaje. (Miriam Alcolea & Cristina G. 2000 p.14)



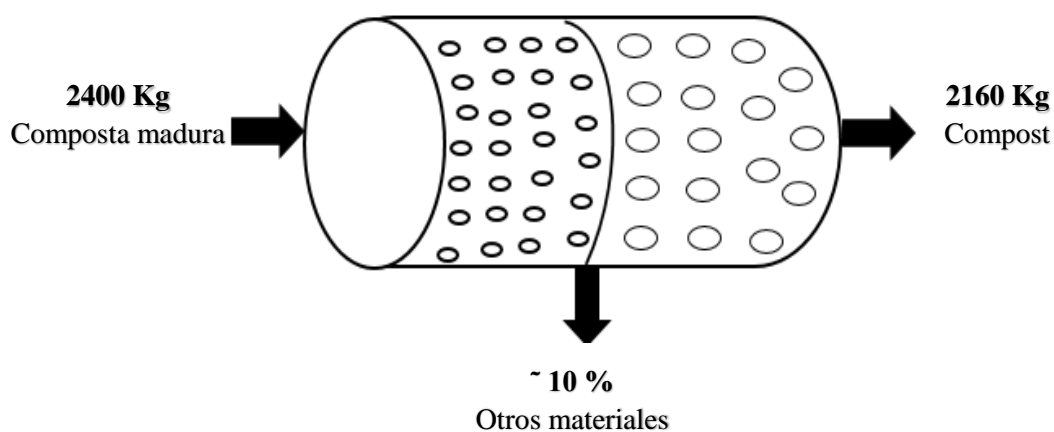
**Gráfico 2-3: Secado**  
 Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

### *Cribado*

En esta operación unitaria se obtienen tanto el compost como los residuos que no lograron degradarse por completo, pudiendo ser algunas ramillas, y restos de frutas dado que estos materiales son los más complejos para su degradación por su tamaño y dureza.

Considerando que después del triturado las ramillas disminuyen considerablemente su tamaño, se puede estimar que un 90% de este material sí logra degradarse, por lo que un 10% es la merma que generará esta operación.

Para estimar la cantidad de compost obtenido al final de esta operación es necesario utilizar los datos de las estimaciones que se consideraron respecto a las pérdidas de peso durante el proceso como se indica en la Figura 6-3.



**Gráfico 3-3: Cribado**  
 Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

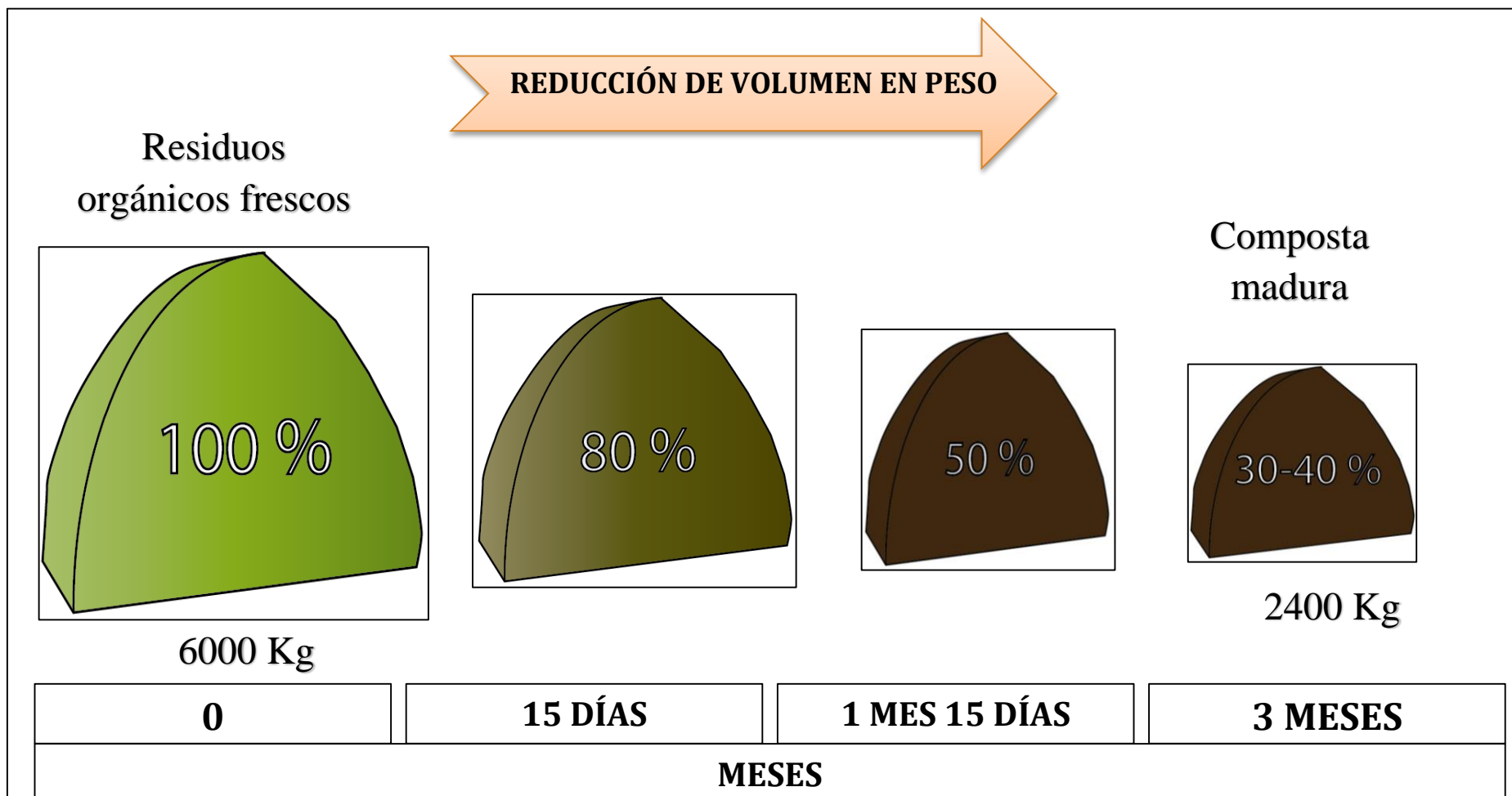


### **3.2.3      *Determinación de la cantidad de sacos de compost obtenidos al final del proceso.***

Una vez cribada la composta obtenemos un aproximado de 2000 Kg/semana de compost de los 6000 Kg/semana de materia que ingresó inicialmente al proceso de compostaje; por lo que al dividir los 2000 Kg por 39 Kg que irán en cada saco de compost obtenemos un total de 50 sacos de cada pila compostada, es decir de las tres pilas saldrán un total de 150 sacos, multiplicadas por las cuatro semanas del mes tenemos 600 unidades mensuales



**Figura 5-3:** Sacos de compost



**Figura 6-3:** Representación Gráfica de la pérdida de humedad

Fuente: (Miariam A. & Cristina C. Manual de compostaje, Barcelona 2000)

Realizado por: TIPÁN, Paola 201

**Tabla 3-3:** Caracterización físico-química del compost obtenido.

Nº	VARIABLES	UNIDAD	
1	p.H		8.8
2	Nitrógeno	%	1.12
3	Fósforo	%	1.1
4	Potasio	%	0.80
5	Calcio	%	1.15
6	Magnesio	%	0.97
7	Hierro ppm	ppm	4.7
8	Manganeso (ppm)	ppm	31.5
9	Zinc (ppm)	ppm	0.4
10	Conductividad eléctrica	ms	10.39
11	Materia orgánica		4.7

Fuente: ESPOCH, Departamento de Recursos Naturales, 2016

Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

**Tabla.4-3:** Tipos de Compost dependiendo su uso

Tipos de compost según su empleo	p.H	CE (uscm-1)	Humedad	MO (%)
Mejorador del suelo	7.0 - 8.7	2000	35-55	> 25
Alcolchado	6.0 - 9	3000	35-55	>30
Sustrato de cultivo	6.5 - 8.7	3000	35-55	>25
Mantenimiento de la cubierta vegetal	7.0 - 8.7	2500	35-55	>25

Fuente: Norma de Calidad PAS 100 de la British Standard Institution BSI, 2015)

### **3.2.4 Propuesta para la utilización del Compost.**

Una vez obtenido el compost a través de la descomposición de los residuos orgánicos provenientes de la plazas y mercados, y luego de haber realizado su respectiva caracterización físico química se determinó la presencia de varios minerales importantes en la fertilización del suelo, e incluso al ser comparado con la Norma de Calidad PAS 100 de la British Standard Institution (BSI, 2015), en la que nuestro abono se actúa como mejorador del suelo.

Tomando en consideración estas características, el compost obtenido a partir de residuos orgánicos puede ser utilizado por los pequeños agricultores que rodean a los cantones para mejorar sus cultivos de manera sana y natural.



**Figura7-3: Utilización del Compost**

**Fuente:** Tipán, Paola 2016

Para incentivar a los agricultores de la zona el uso de este abono es necesario darlo a conocer a través de capacitaciones en donde se exponga sus características, propiedades y sobre todo sus beneficios para la salud. Como parte de la estrategia de demostración se realizaron pruebas de su capacidad nutricional colocándolo en cultivos de mora como se puede ver en la figura 7.3 y observamos que su evolución fue satisfactoria.

A futuro se pretende mejorar el producto a través de nuevas técnicas para su respectiva comercialización en mayor volumen y así la empresa pueda obtener ingresos económicos, los mismos que puedan ser utilizados para mejorar el implemento de nuevos proyectos a beneficio de la comunidad.

### 3.2.4.1 Distribución de los espacios requeridos en la planta.

Para el diseño de la planta se consideraron las siguientes especificaciones:

**Tabla. 5-3:** Distribución de los espacios requeridos en la planta

PARÁMETROS	DIMENSIONES	ÁREA
	LARGO /ANCHO (M)	REQUERIDA ( $m^2$ )
EQUIPOS PARA EL CRIBADO	20 x 4	80 $m^2$
ÁREA DE PESAJE Y COSIDA	2 x 2	4 $m^2$
ÁREA DE ALMACENAMIENTO	4 x 3	12 $m^2$
ÁREA DE MADURACIÓN DE COMPOSTA	25 x 2	50 $m^2$
ÁREA DE HERRAMIENTAS.	2 x 5	10 $m^2$
ÁREA MÁQUINA	2.4 x 1.5	2.25 $m^2$
CLASIFICACIÓN Y TRITURADO	5 x 5	25 $m^2$

Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

Las medidas antes citadas corresponden al área total que ocuparía cada equipo y habitación en el interior de la planta, cabe mencionar que a estas medidas se le deben sumar los espacios pertinentes en las siguientes áreas.

ESPACIOS DESTINADOS	EQUIPOS	DISTANCIA REQUERIDA.
<b>Movilización vehicular</b>	- Mini cargadora	3 m
	- Carretillas	
<b>Desplazamiento de los operadores al manipular los equipos</b>	- Sistema de cribado	1.5 m
<b>Espacio entre cada pila</b>	- Que permita los volteos	0.50 m

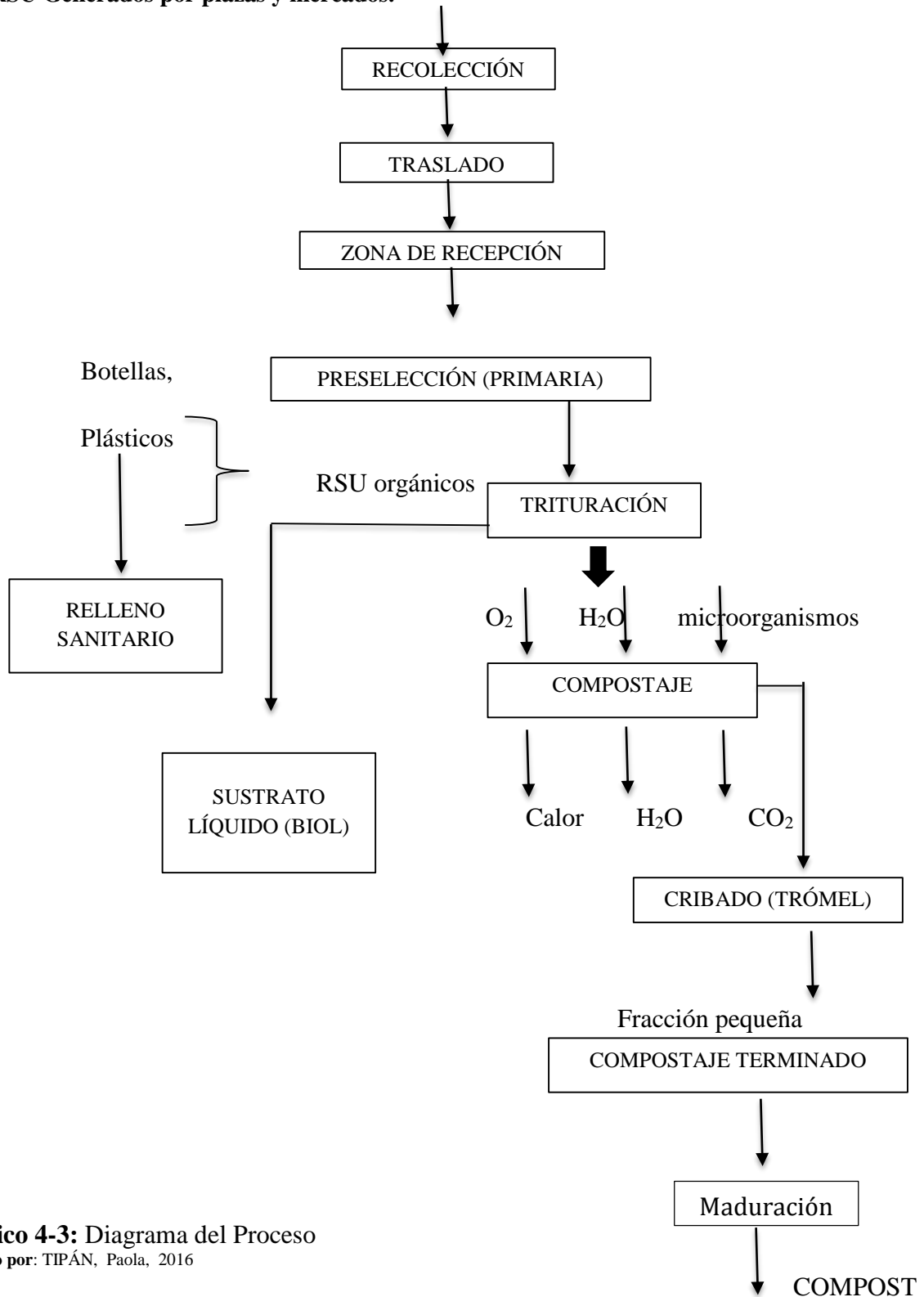
Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

De esta manera la distribución de las diferentes áreas dentro de la planta quedaría como se muestra en los Anexos 2

### 3.3 Proceso de Producción.

### 3.3.1 Diagrama del Proceso.

RSU Generados por plazas y mercados.



**Gráfico 4-3:** Diagrama del Proceso  
Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

### **3.3.2      *Descripción del proceso de compostaje***

#### **3.3.2.1      *Recepción de materia orgánica.***

Se recepta la materia orgánica proveniente de plazas y mercados, ubicándolas en pilas dentro de la nave de compostaje, posteriormente se dispone a liberar de manera manual la materia orgánica que llega en fundas plásticas ya que éstas dificultarían el proceso de compostaje.

En el caso de materiales leñosos como ramas de árboles o productos de poda se procede a disminuir su tamaño con la ayuda de una máquina trituradora o si la cantidad es mínima se utiliza un machete y posteriormente se procede a reincorporarlo a las pilas.



**Figura 9-3:** Recepción de materia orgánica  
Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

#### **3.3.2.2      *Disposición de las pilas de compostaje.***

Una vez eliminadas las fundas plásticas presentes, y luego de haber realizado la reducción de tamaño de los materiales leñosos, la materia orgánica está lista para empezar su proceso de compostaje, por lo que se las ubica adecuadamente en pilas de ( largo: 4m ; ancho: 2m ; alto: 2m) con la ayuda de una mini cargadora frontal, dejando los espacios pertinentes entre cada pila para posteriormente disponer de espacio suficiente para el ingreso de la mini cargadora que realizará los volteos respectivos.



**Figura 10-3:** Pilas de composta  
Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

### 3.3.2.3 *Control de parámetros durante el proceso*

#### *Temperatura*

Una vez conformadas las pilas la temperatura del material se encuentra entre 12 y 14 °C debido a que es un material fresco, éste se lo deja reposar por 72 horas, en dónde poco a poco en los días posteriores se va notando el incremento de temperatura debido a la actividad microbiana llegando a 40 °C.

Hay que controlar esta temperatura durante 15 días, en los días siguientes la temperatura del material llega a los 75 °C causada por la acción de bacilos y actinomicetos, en donde se debe evitar que ésta aumente ya que el incremento de temperatura puede provocar la muerte de bacterias benéficas, lo que frena la fermentación y provoca pérdidas de nitrógeno

La temperatura debe ser controlada durante 2 a 3 semanas (21 días) aproximadamente; sin embargo si el material presenta la misma temperatura durante más de 3 semanas es señal de que se da el proceso de pasteurización para eliminar bacterias patógenas, esta etapa la materia orgánica empieza a experimentar una pérdida de temperatura en donde se controla que ésta sea igual o menor a 40 °C etapa que dura 30 días.



Finalmente la composta llega a estabilizarse alcanzando una temperatura ambiente por lo que se la deja reposar por 3 semanas aproximadamente antes de ser sometida a una tamización para obtener el producto final.



**Figura 11-3:** Medición de temperatura de la composta

#### *Humedad.*

La humedad debe ser controlada periódicamente, ya que de ésta depende una correcta fermentación, cuando la humedad es menor al 12 % la actividad biológica disminuye, mientras que si existe exceso de humedad hay descenso de temperatura y presencia de malos olores.

Se controla que la humedad se encuentre en un rango del 50 a 70 %, esto se lo realiza aplicando la técnica del puño cerrado, es decir haciendo uso de la mano con la ayuda de un guante de protección tomamos una pequeña muestra y la apretamos, de manera que del material empiece a caer gotas de agua lo que indica que existe una buena humedad.

En caso de que al apretar la muestra el agua se encuentre en exceso se debe mezclar con otros materiales secos para contrarrestar este exceso de humedad, en caso de que se presente lo contrario debemos realizar un volteo para hacer recircular el agua que se sigue depositando en el fondo de la pila o a su vez proporcionar agua con la ayuda de mangueras.



**Figura 12-3:** Control de humedad (técnica del puño)  
 Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

### *Aireación*

En el proceso de compostaje la aireación se la realiza en cada pila por medio de volteos periódicos con la ayuda de una mini cargadora frontal, estos volteos permiten no solo el suministro de oxígeno necesario para el metabolismo aeróbico, si no también permite que se disipe el calor producido dentro de la pila.

Se recomienda realizar el primer volteo a los 22 días y posteriormente cada 7 o 15 días, sin embargo en la práctica esta actividad se la realiza cuando la temperatura es cercana a los 70 °C o la humedad es mayor a los 60 %



**Figura 135-3:** Volteo de la composta con mini cargadora  
 Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

#### 3.3.2.4 Proceso de cribado.

Una vez cumplido todo el proceso de compostaje que dura 3 meses o más se procede a realizar el cribado respectivo del compost para separarlo de los materiales extraños que pudieran presentarse, esto se lo hace con la ayuda de la mini cargadora llevando el material de cada una de las pilas hacia la tolva de la máquina de compostaje, y con la ayuda de las bandas el material es trasladado al trómel, en dónde se separa la materia por tamaños y finalmente se obtiene el producto final que es colocado en unos costales de 35 kilos ubicados al final de la maquinaria.



Figura 14-3: Trómel  
Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

#### 3.3.2.5 Etapa de ensacado y pesado

Una vez llenados los sacos se los lleva a la báscula a ser pesados puesto que cada saco debe contener 35 kilos de compost y se los va ubicando en un área destinada para su acopio hasta que éstos sean cosidos con la ayuda de una máquina cosedora.



**Figura 15-3:** Cosida de sacos de compost.  
Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

### **Almacenaje.**

Una vez que la humedad del compost ha bajado, los sacos son llevados al cuarto de almacenaje que debe ser un área libre de humedad y con una adecuada ventilación para que el compost almacenado no sufra cambios en sus propiedades a causa de la humedad.



**Figura 16-3:** Almacenamiento de sacos de compost  
Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

## **3.4 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.**

### **3.4.1 Equipamiento para la planta de compostaje.**

Para el diseño de la planta de compostaje se tomó en cuenta la cantidad de materia orgánica que ingresan diariamente al relleno sanitario, específicamente la materia orgánica proveniente de las

diferentes plazas y mercados de los cantones Patate y Pelileo, ya que, con esta materia fue con la que se trabajó durante el proceso de compostaje, también fueron considerados los diferentes equipos que se requerirán durante este proceso como: carretillas, palas, y maquinaria como: una mini cargadora frontal, y una trituradora de materia orgánica, así como otros ya citados anteriormente.

Cabe recalcar que los requerimientos técnicos del equipamiento de una planta de compostaje, son globales y la EMMAIT-EP tomará o no la decisión de implementarlos como equipos exclusivos para la planta de compostaje, puesto que algunos de los equipos que se requieren ya existen en la empresa pero que son propios del relleno sanitario, por lo tanto se recomienda que la planta disponga de sus propios equipos para no interferir en el resto de actividades que la empresa realiza (EMMAIT-EP, 2016).

De la misma manera para el diseño de la planta se tomaron en cuenta los equipos que conforman el sistema de bandas de compostaje que fue armado con los equipos disponibles en bodegas como: 3 bandas transportadoras, 2 trómel, y una tolva de recepción del material, los mismos que una vez dispuestos según nuestros requerimientos se determinó que ocupan un área de 80m<sup>2</sup>

### **3.4.2 *Requerimientos de tecnología equipos y maquinaria.***

El principal criterio para seleccionar la maquinaria que se requiere está relacionado con la capacidad de cada máquina, en ton/h para llevar a cabo las operaciones que forman parte del proceso de producción. A continuación se presentan las especificaciones técnicas de la maquinaria y equipos necesarios en el proceso de compostaje.

#### **3.4.2.1 *Trituradora de Materia Orgánica***

Este equipo permite reducir la materia orgánica en general, es decir no solo aquella de poda, sino que disminuye el tamaño de la materia orgánica en su totalidad disminuyendo así el tiempo de compostaje, puesto que el área de contacto de materia orgánica es mayor.

A continuación se describen las características de la máquina trituradora.

- **Marca:** Honda
- **Modelo:** Chipper Jo Beau M300
- **Peso neto:** 120Kg
- **Dimensiones:** 177 cm x 72 cm x 123 cm
- **Capacidad:** 3m<sup>3</sup>/h
- **Diámetro max de rama.** 8cm



**Figura 18-3:** Trituradora de Materia Orgánica

**Fuente:** <http://www.jobeau.eu/en/m300.asp>

#### 3.4.2.2 Mini Cargadora Frontal

Se usa para el cambio de localización física de los materiales en el interior de la planta, así como para los respectivos volteos del material conformado en pilas permitiendo su aireación de manera regular.

A continuación se describen las características de la mini cargadora frontal.

- **Modelo del motor:** C2.2 CAT
- **Potencia neta al volante:** 44.0 Kw
- **Capacidad nominal de operación:** 839.0 Kg



**Figura 19-3: Mini Cargadora Frontal**

**Fuente:** [http://www.cat.com/es\\_US/products/new/equipment](http://www.cat.com/es_US/products/new/equipment)

#### *3.4.2.3 Báscula de Plataforma*

Que permita el pesaje de los sacos de 35 kg de compost obtenidos.

A continuación se describen las características de la báscula de plataforma.

- **Marca:** Lexus electronic scales
- **Modelo:** XTEEL-P-060
- **Dimensiones:** Plataforma de 40 cm x 50 cm x 75cm
- **Capacidad:** 100 Kg



**Figura 20-3: Báscula de Plataforma**

**Fuente:** <http://www.viaindustrial.com/producto.asp?codigo=233013>

#### 3.4.2.4 Máquina de Coser Sacos

Para cerrar los sacos de 35 kg de compost y posteriormente almacenarlos.

A continuación se describen las características de la máquina de coser sacos.

- **Modelo:** Sewmaq 1 aguja, 1 hilo
- **Lubricación:** automática
- **Peso:** 5.8 Kg



**Figura 21-3:** Máquina de Coser Sacos

**Fuente:** <http://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria>

#### 3.4.2.5 Termómetro de Espada.

Un termómetro espada ya que por su tamaño permite ingresar hasta el centro de las pilas de compostaje y medir su temperatura correctamente.





**Figura 22-3:** Termómetro de Espada

**Fuente:** <http://cartegomart.com/index.php/carretilla-tubular>

#### 3.4.2.6 Higrómetro.

Un higrómetro que permita controlar la humedad presente en las pilas durante el compostaje.



**Figura 23-3:** Higrómetro

**Fuente:** <http://www.extech.com.es/instruments/product>.

### 3.4.2.7 Carretillas

Para el traslado de materiales extraños que son separados durante el cribado y que no forman parte del compost.

A continuación se detallan las características de las carretillas.

- **Modelo:** Tubular Truper CAT
- **Capacidad:** 80 Litros
- **Llanta:** Sólida



**Figura 24-3:** Carretillas

**Fuente:** <http://cartegomart.com/index.php/carretilla-tubular>

### 3.4.2.8 Palas

Para la remoción de materia que es colocada en la tolva hacia las

**Modelo:** Truper Cajuelera Redonda

**Especificaciones de cabeza:**

**Ancho:** 15.24 cm

**Largo:** 37 cm



Figura 65-3: Palas

Fuente: <http://cartegomart.com/index.php/pala-tubular>

Una vez determinadas las dimensiones que debe tener una pila de composta, así como el tiempo requerido para su maduración, y el espacio que ocuparán cada uno de los equipos requeridos para el proceso, y considerando los espacios pertinentes para el paso de la maquinaria durante los volteos, así como también áreas de almacenamiento tanto del producto final como para las herramientas. Se diseñó adecuadamente la planta de compostaje con todos los requerimientos necesarios como se muestra en el Anexo 2

### **3.4.3 Personal Requerido dentro de la Planta de Compostaje**

Para determinar el personal que se requiere en la planta se tomó en cuenta que: durante la recepción de materia orgánica y su previa clasificación manual se requieren 3 personas como mínimo considerando al operador del vehículo. Durante el proceso de maduración de la composta únicamente se requiere al operador de la mini cargadora que será el encargado de realizar los volteos respectivos para la aireación, otra persona se encargará de ir verificando las etapas a través de los cambios de temperatura con la ayuda de un termómetro y durante la etapa de cribado y ensacado se requieren 2 personas, por lo tanto el personal requerido serán de a 4 personas.

### 3.5 Análisis de costos.

Los costos que implican el diseño de la planta para compostaje, así como la mano de obra, implementación de equipos y maquinarias, diseño de presentación del producto, entre otros se detallan a continuación:

**Tabla. 6-3:** Costo de equipos y maquinarias para el compostaje

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
Mini cargadora frontal	1	35.000	35.000
Carretillas	3	73.55	220,65
Trituradora de materia Orgánica.	1	5.897,00	5.897,00
Máquina de coser sacos	2	280.00	560.00
Palas	4	11.00	44.00
Termómetro espada	1	20.00	20.00
Báscula electrónica de Plataforma	1	65.00	65.00
Higrómetro	1	20.00	20.00
<b>TOTAL</b>			<b>41.826,65</b>

Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

**Tabla. 7-3:** Costos de equipos de protección personal

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>Cascos</b>	5	10.00	50.00
<b>Guantes</b>	10 pares	2.00	20,00
<b>Mascarillas</b>	20	1.00	20.00
<b>Overoles</b>	5	15.00	75.00
<b>TOTAL</b>			<b>165.00</b>

Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

**Tabla. 8-3:** Detalle de costos relacionados al producto

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD MENSUAL REQUERIDA	COSTO UNITARIO		COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Sacos+ diseño	Unidad	200	1.00		200.00	2400.00
Hilo	Metros	200	0.05		10.00	120.00
Logotipo, difusión y publicidad	unidad	5.56			166.67	2000.04
TOTALES					376.67	4520.04

Fuente: EMMAIT-EP

**Tabla. 9-3:** Costos de Mano de obra.

		NUMERO DE OPERARIOS	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL	COSTO TOTAL
Mano de Obra	Unidad	4	223.49	893.96	10727.52
TOTAL				893.96	10727.52

Fuente: EMMAIT-EP

**Tabla. 10-3:** Depreciación

DETALLE DEL BIEN	VIDA ÚTIL	VALOR	PORCENTAJE DE DEPRECIACIÓN	DEPRECIACIÓN ANUAL
NAVE DE COMPOSTAJE	20 AÑOS	51266.13	5%	2306.97
MINICARGADORA	10 AÑOS	16640.50	10%	1497.65
VOLQUETA	10 AÑOS	18000.00	10%	1620.00
TOTAL				5424.92

Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

**Tabla. 11-3:** Gastos Totales

DESCRIPCIÓN	VALOR
Equipos y maquinarias para el compostaje	41.826,65
Equipos de protección personal	165.00
Nave de compostaje	51.266,13
Mano de obra	10.727,52
TOTAL	103.985,3

Fuente: EMMAIT-EP

Realizado por: PAOLA, Tipán, 2016

**Tabla. 32-3:** Calculo de ingresos obtenidos del compost

PRODUCTO	Compost Obtenido de cada pila de 6000 ( Kg)	Compost Obtenido ( Lb)	MARGEN DE UTILIDAD		PRECIO UNITARIO	UNIDADES MENSUALES PRODUCIDAS	VALOR DE VENTA DEL SAQUILLO
			%	\$			
COMPOST	2160 Kg	4757.70 Lb	25%	0.31	3.17	51	4.00
TOTAL					3.17	51	4.00

Fuente: EMMAIT-EP

Realizado por: PAOLA, Tipán, 2016

**Tabla. 43-3:** Estimación de ganancia

PRODUCTO	Compost mensual Obtenido ( Kg)	Número de saquillos ( Kg)	MARGEN DE UTILIDAD		INGRESO ANUAL	GANANCIA ANUAL
			INGRESO MENSUAL	GANANCIA		
COMPOST	23400 kg	600 Kg	2400.00	498.00	28800.00	5976.00
TOTAL			2400.00	498.00	28800.00	5976.00

Fuente: EMMAIT-EP

Realizado por: PAOLA, Tipán, 2016

### 3.6 Cronograma de Ejecución del Proyecto.

Actividades	Tiempo de Duración																											
	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Sep				Oct			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión Bibliográfica																												
Recolección de datos para determinar entrada y salida de residuos orgánicos de plazas y mercados.																												
Selección del espacio físico para la planta.																												
Selección y acoplamiento de equipos disponibles en la empresa para el proceso.																												
Desarrollo del Proceso de compostaje																												
Cribado para obtención del producto final																												
Realización de pruebas físico químicas del compost																												
Diseño de la distribución definitiva de la planta.																												
Estructuración de toda la información recopilada en un documento (Trabajo de Titulación)																												
Solicitud de Prórroga																												
Trámites pertinentes previos a la presentación del trabajo de Titulación.																												
Presentación del trabajo de Titulación																												
Defensa del Trabajo de Titulación																												

Realizado por: TIPÁN, Paola, 2016

## CONCLUSIONES

- Se diseñó la planta para el proceso de compostaje a partir de residuos orgánicos urbanos para la empresa pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral Patate - Pelileo Provincia de Tungurahua, la misma que ocupará un área de 640m<sup>2</sup> para recuperar la materia orgánica que llega al relleno sanitario convirtiéndola en compost (abono) y así disminuir los malos olores a causa de su descomposición.
- Se realizó el balance de masa al final del proceso, (trómel) con el que se determinó la cantidad de compost que realmente se obtiene en cada pila de 6000 kg luego de tres meses de compostaje, dándonos así 2160 Kg de compost, tomando en cuenta las pérdidas de humedad que fueron evidentes en la pérdida de peso de la pila de composta.
- Se diseñó el proceso para la obtención del compost, basándonos en el Manual de Compostaje del Agricultor (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO), y definiendo un proceso que sea aplicable en la EMMAIT-EP
- Se realizó la caracterización físico-química del compost en los Laboratorios de la facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH, y se obtuvieron los siguientes resultados (N=1.12% , P= 1.1% , K= 0.80 , Ca= 1.5% , Mg=0.97% , Mn=4.7 ppm , Fe 31.5 ppm , Zn 0.4 ppm), los mismos que fueron comparados con con la Norma de Calidad PAS 100 de la British Standard Institution (BSI, 2015)
- Una vez obtenido el compost se propuso su utilización para fines agrícolas, distribuyéndolo a los pequeños agricultores de la zona con el fin de dar a conocer los beneficios que tiene el uso de este tipo de abono de origen orgánico para los cultivos, y por ende para la salud humana.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el diseño de esta planta en la EMMAIT-EP para aprovechar los residuos orgánicos producidos en los cantones Patate y Pelileo y disminuir así la contaminación a causa de malos olores.
- La nave de compostaje deberá tener espacios abiertos entre el techo y la pared para que exista una buena ventilación durante el proceso de compostaje, así como también el suelo de la nave en donde estarán ubicadas las pilas de compostaje deberá tener una inclinación de 1% que permita la evacuación de los lixiviados originados en las pilas, de la misma forma deberá existir una cuneta en donde se depositen estos lixiviados.
- Se recomienda a la EMMAIT-EP implementar los equipos propuestos en este trabajo, como equipos exclusivos de la planta de compostaje para no interferir en el resto de actividades que la empresa realiza, ya que algunos de los equipos propuestos ya existen en la empresa.
- Para una mejor identificación de las pilas durante el compostaje se recomienda etiquetarlas con la ayuda de pequeños letreros colocados sobre las pilas o a su vez pintar las paredes con colores diferentes previamente identificados, de manera que al identificar el color de la pared en donde se encuentra la pila ya se conozca el tiempo que lleva aproximadamente dicha pila en el proceso.
- Se recomienda también que se realicen a más de los análisis realizados, la determinación de la relación Carbono-Nitrógeno, así como también el Índice de Germinación para determinar la fitotoxicidad, parámetros importantes para obtener un compost de calidad.
- En vista de que no existe una norma específica para la elaboración de compost se recomienda seguir los lineamientos que se establecen en el Manual de Compostaje del Agricultor (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO), que establece los requerimientos mínimos para la producción de compost a partir de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad del compost producido.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ÁLVAREZ,J** “La calidad del suelo y del compost del parque de Ichimbía en su proceso de recuperación” [En línea] (Tesis de pregrado) Escuela Politécnica del Ejército. Departamento de ciencias de la vida ingeniería en biotecnología. Quito-Ecuador 2009 pp 16-17. Consultada: 19 agosto 2016. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1002/2/T-ESPE-023922.pdf>

**BRAVO, D; & SÁNCHEZ, C.** Distribución en planta Introducción al diseño de las planta industriales, Conceptos y métodos cuantitativos para la toma de decisiones. 1ra Edición. Colombia. pp.6

**FAO,** ‘Técnicas de compostaje’ .*Manual de Compostaje del Agricultor.* 2012 Paraguay, p.p 1-66 (Consultada: 12 julio 2016 ) Disponible en: [http://www.rlc.fao.org/fileadmin/content/events/taller\\_tcp-par-3303/compost.pdf](http://www.rlc.fao.org/fileadmin/content/events/taller_tcp-par-3303/compost.pdf)

**FERNÁNDEZ,L;ROJAS,N; & ROLDÁN,T;RAMÍREZ M.** Manual de Técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados.(1ª ed) México. 2006. Pp.121

**GERMÁN, Tortosa.** *Compostando Ciencia Lab.[blog].Murcia.* (Consultada: 20 octubre 2016) Disponible en: <http://www.compostandociencia.com/2013/05/criterio-calidad-composts-como-abonos-html/>

**GÓMEZ, J; Estrada,I.** II Congreso sobre residuos biodegradables y compost. “Índices de la calidad del suelo y compost desde la perspectiva agroecológica” 2005.

(Consultada: 5 septiembre 2016 ). Disponible en:

[http://www.bpeninsular.com/pdfs/Potencia\\_ISR\\_Sevilla.pdf](http://www.bpeninsular.com/pdfs/Potencia_ISR_Sevilla.pdf)

**HAY,J.C. & KUCHENRITHER, R.T** “Fundamentals and Application of windrow composting” *Journal of Enviromental Engineering*, vol. 116 pp 746-763

**LEY 10/98 DE RESIDUOS.** *Normativa básica española para regular determinadas corrientes de residuos de cualquier naturaleza.* (Consulta: 12 julio 2016) Disponible en: <http://gestion-calidad.com/residuos-urbanos>

**LOPEZ REAL,J** Reutilización de Residuos Urbanos en agricultura. En parámetros de control de compostaje y aplicación de compostaje a residuos orgánicos. Editorial Aedos. Madrid. 1995

**NMX-AA-061-1985.** *Protección al Ambiente, Contaminación del suelo-Residuos Sólidos Municipales –Determinación de la Generación.*

(Consulta: 21 junio 2016 ) Disponible en:

<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa061.pdf>

**NMX-AA-019-1985.** *Protección al Ambiente, Contaminación del suelo-Residuos Sólidos Municipales –Peso Volumétrico “in situ”* (Consulta: 21 junio 2016 )

Disponible en: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa019.pdf>

**RODRÍGUEZ SALINAS, Marcos; & CÓRDOVA VÁSQUEZ, Ana.** Manual de Compostaje Municipal. México 1<sup>ra</sup> ed 2006. (Consultado: 7 agosto 2016).  
Disponibile en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd68/compsmuni.pdf>

**RUIZ, A.** “Compostación de los residuos sólidos orgánicos generados en la Universidad de Piura” [En línea](Tesis pregrado). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura-Perú 2002 pp. 46. Consultada: 8 agosto 2016  
Disponibile:  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1177/ING\\_397.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1177/ING_397.pdf?sequence=1)

**SILVIA,J; LÓPEZ,P;VALENCIA,P.** “Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje”. [En línea] (Tesis pregrado) Escuela de Ingeniería de los recursos naturales y del ambiente (EIDENAR). Universidad del Valle-Facultad de Ingeniería. Cali-Colombia 2008. (Consulta: 24 agosto 2016 )  
Disponibile en: <http://www.bvcde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>

**SZTERN, DANIEL; PRAVIA, MIGUEL A.** *Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimiento*. Montevideo OPS; 1999. p. 69 Ilus.  
(Consulta: 25 julio 2016) Disponibile en:  
<http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>

## ANEXO A

Relación C/N de los principales materiales utilizados en la composta

Material	Relación C/N
Desechos de Ganado	
Orina	0.8
Estiércol almacenado (3meses)	15-20
Estiércol bovino	20-25
Estiércol de caballo	25
Desechos de Cosecha	
Semillas de oleaginosas	3-15
Residuos de Leguminosas	15
Alfalfa verde	15
Desechos de cañas de azúcar	15-20
Rastrojo de maíz	40-80
Paja de avena	50-150
Paja de trigo	130-150
Desechos Vegetales	
Follaje de pino	5
Residuos Frescos de jardín	12
Abonos verdes	10-15
Algas	19
Residuos frescos del huerto	30
Hojas secas	50-80
Desechos Agroindustriales	
Pulpa de café seca	3
Harina de pescado	4-5
Harina de hueso	8
Desechos de cervecería	15
Bagazo de caña	200
Aserrín	200-500

## ANEXO B

- Diseño de la Planta propuesta

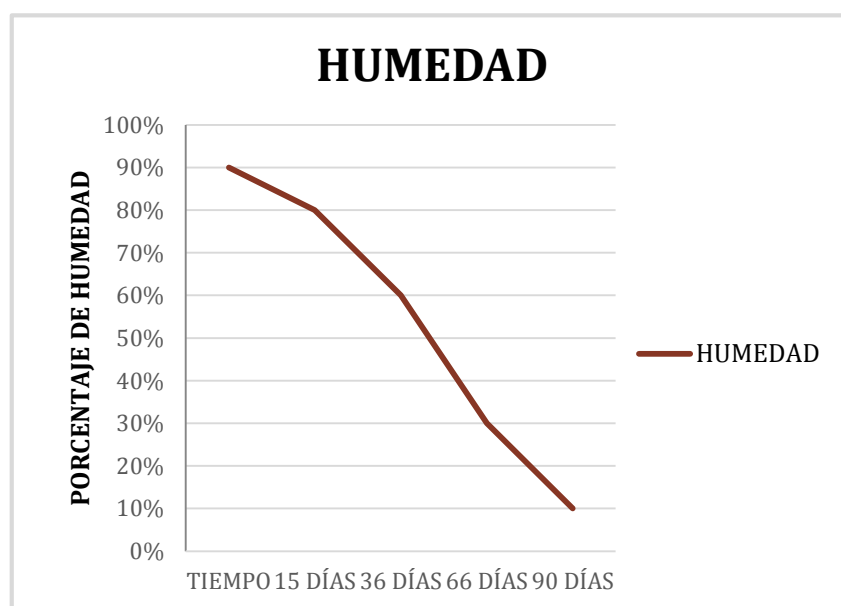
## ANEXO C

### Parámetros de caracterización del compost

Nº	VARIABLES	UNIDAD
1	p.H	
2	Nitrógeno	%
3	Fósforo	%
4	Potasio	%
5	Calcio	%
6	Magnesio	%
7	Hierro ppm	ppm
8	Manganeso (ppm)	ppm
9	Zinc (ppm)	ppm
10	Materia orgánica	%
11	Conductividad eléctrica	ms

**Fuente:** Elaboración de composta SAGARPA México.

### Curva de pérdida de humedad durante el proceso de compostaje



Realizado por: TIPÁN, Paola 2016

## ANEXO D

Reducción de tamaño de las ramas



Preparación para la determinación de densidad





## ANEXO E

### Determinación de densidad



### Control de la humedad por el método del puño cerrado



## ANEXO F

### Inicio del proceso de cribado



### Construcción de letreros de identificación de las pilas





## ANEXO G

### Identificación de las pilas



### Técnico de la EMMAIT-EP



## ANEXO I

### Resultados de los análisis físico químicos del compost obtenido



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Nombre del Propietario: EMMAIT-EP  
Remite: Ing. Juan Herrera  
Ubicación: Sector El Derrumbo  
Nombre de la granja

Pelileo Grande  
Parroquia

Pelileo  
Cantón

Fecha de ingreso: 11/9/2016  
Fecha de salida: 25/9/2016  
Tungurahua  
Provincia

**RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS QUIMICO DE HUMUS**

Identificación	pH	% M.O	mS	%					ppm		
			Cond. Eléct.	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn
Compost (2 meses)	9.9 Alc.	4.7	10.39 Salino	1.12	1.1	0.80	1.5	0.97	4.7	31.5	0.4
Biol (Lixiviación del Compost)	9.0 Alc.		42.8 Salino	0.025	0.34	1.24	0.2	0.80	0.04	1.5	0.2

*José Arcos T.*  
Ing. José Arcos T.  
DIRECTOR DPTO DE SUELOS

*Elizabeth Pachacama*  
Ing. Elizabeth Pachacama  
TECNICO DE LABORATORIO

CODIGO	
N: Neutro	A: alto
S: Suficiente	M: medio
Alc. Alcalino	B: bajo





Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418  
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"




## ANEXO H

### Hoja de registro del ingreso de materia orgánica al relleno sanitario



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MANCOMUNDA  
DE ASEO INTEGRAL TUNGURAHUA  
EMMAIT-EP

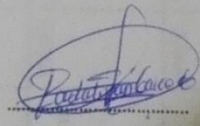


Hoja de cuantificación de Residuos Sólidos Urbanos

MES <u>Febrero</u> 2016			MES <u>Marzo</u> 2016		
	Orgánicos	Inorgánicos		Orgánicos	Inorgánicos
SEMANA 1	6.102 Ton	—	SEMANA 1	5.7 Ton	—
SEMANA 2	6.760 Ton	—	SEMANA 2	6.54 Ton	—
SEMANA 3	5.230 Ton	—	SEMANA 3	5.10 Ton	—
SEMANA 4	7.420 Ton	—	SEMANA 4	6.35 Ton	—
<b>TOTAL DEL MES</b>	<b>25.512 Ton</b>	—	<b>TOTAL DEL MES</b>	<b>23.69 Ton</b>	—

MES <u>Abril</u> 2016			MES <u>Mayo</u> 2016		
	Orgánicos	Inorgánicos		Orgánicos	Inorgánicos
SEMANA 1	6.547 Ton	—	SEMANA 1	6.213 Ton	—
SEMANA 2	6.34 Ton	—	SEMANA 2	5.498 Ton	—
SEMANA 3	6.82 Ton	—	SEMANA 3	6.014 Ton	—
SEMANA 4	5.654 Ton	—	SEMANA 4	5.980 Ton	—
<b>TOTAL DEL MES</b>	<b>25.361 Ton</b>	—	<b>TOTAL DEL MES</b>	<b>23.705 Ton</b>	—



Responsable